



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Голыятгинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная  
электроника»

\_\_\_\_\_ А.А. Шевцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Ярцев Александр Александрович

1. Тема Автоматизированная система управления установкой по охлаждению пропана
  2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_
  3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе мнемосхема установки, данные об установке, логическая схема противопожарной защиты.
  4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
1. Анализ существующих систем автоматизации.

2.Описание технологического процесса.

3.Используемое оборудование.

4.Внедрение средств автоматизации на установку.

5.Разработка системы управления установкой.

6.Разработка человека машинного интерфейса.

5.Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Турбокомпрессор «ГРЕТТА»301/II (1 лист)

2. Схема блокировок (1 лист)

3. Человека машинный интерфейс турбокомпрессора ГРЕТТА-2 (1 лист)

4.Логическая схема противопожарной защиты (1 лист)

5. Отображение и управление (1 лист)

6.Шкаф РСУ/ПАЗ (1 лист)

6. Консультанты по разделам Н.В. Яценко

7. Дата выдачи задания «10» Февраля 2017г.

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

О.Ю. Копша

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.А. Ярцев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

**выполнения бакалаврской работы**

Студента Ярцева Александра Александровича

по теме «Автоматизированная система управления установкой по охлаждению пропана»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Выбор и утверждение темы ВКР	01.12.2016	01.12.2016	<u>Выполнено</u>	
Разработка структурной схемы	20.12.2016	20.12.2016	<u>Выполнено</u>	
Выбор установки	07.02.2017	07.02.2017	<u>Выполнено</u>	
Анализ и выбор подходящего	28.02.2017	28.02.2017	<u>Выполнено</u>	

SCADA–пакета				
Разработка интерфейса оператора	21.03.2017	21.03.2017	<u>Выполнено</u>	
Разработка алгоритма работы программы	02.05.2017	02.05.2017	<u>Выполнено</u>	
Оформление пояснительной записки ВКР	24.05.2017	24.05.2017	<u>Выполнено</u>	
Проверка выпускной квалификационной работы в системе «Антиплагиат.ВУЗ»	06.06.2017	06.06.2017	<u>Выполнено</u>	
Оформление документов для защиты ВКР	14.06.2017	14.06.2017	<u>Выполнено</u>	
Сдача оформленной пояснительной записки	28.06.2017	28.06.2017	<u>Выполнено</u>	

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

О.Ю. Копша

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.А. Ярцев

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Аннотация

Объем 65 с., 15 рис., 22 источников, 6 прил.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ПО ОХЛАЖДЕНИЮ ПРОПАНА

Цель работы — разработка системы автоматизации в противопожарной системе установки по охлаждению пропана.

В процессе выполнения бакалаврской работы были определены и реализованы следующие задачи:

1. Проанализировать и описать системы автоматизации технологического процесса охлаждения пропана при выделении изобутан-изобутиленовой фракции;
2. Описать используемые в технологическом процессе оборудования и средства автоматизации
3. Представить систему управления установки охлаждения пропана и разработать человека машинный интерфейс системы управления

Работа состоит из шести глав, в которых разрешаются поставленные задачи.

В ВКР проанализированы и исследованы системы автоматизации технологических процессов. Особое внимание уделено системам автоматизации охлаждения пропана при выделении изобутан-изобутиленовой фракции.

На основе анализа, предложены средства автоматизации и оборудования необходимое для осуществления технологического процесса.

Для имеющийся системы управления охлаждения пропана представлен разработанный человека машинный интерфейс.

## **ABSTRACT**

The title of the graduation work is Introduction of Automation to the Propane Cooling Unit.

The aim of the work is to develop an automation system in the fire-fighting system of a propane cooling unit.

The graduation work may be divided into 6 connected parts.

The first part of the work describes and analyzes the automation systems for the process of cooling propane when isolating the isobutene-isobutylene fraction.

The second part of this work considers the equipment used in the process and the means of automation.

The third part describes how to introduce the propane cooling unit control system and to develop a human machine control system interface.

The graduation work consists six chapters, which the above problems are solved in. In the graduation work, systems for the automation of technological processes are analyzed and investigated. Particular attention is paid to the automation of propane cooling during the isolation of the isobutene-isobutylene fraction.

Based on the analysis, the means of automation and necessary equipment for the implementation of the technological process are proposed.

The developed human-machine interface is presented for existing propane refrigeration control system.

## Содержание

Введение .....	10
1. Анализ существующих систем автоматизации.....	12
2. Описание технологического процесса.....	16
2.1 Выделение изобутан-изобутиленовой фракции.....	16
2.2 Получение холода 0 С <sup>0</sup> .....	24
2.3 Заполнение и освобождение системы от пропана.....	25
3 Описание используемого оборудования.....	26
3.1 Назначение системы.....	26
3.2 Объекты автоматизации.....	26
3.3 Функции, реализуемые системой.....	27
3.4 Функции противоаварийной защиты.....	29
3.5 Описание системы.....	31
3.6 Программное обеспечение.....	32
4 Внедрение средств автоматизации на установку.....	36
4.1 Цель внедрения автоматизации.....	36
4.2 Функции РСУ.....	39
4.3 Функции ПАЗ.....	40
5 Разработка системы управления установкой.....	42
5.1 Методика расчета.....	44
5.2 Типовые схемы надежности.....	45
5.3 Структурная схема соединений элементов надежности.....	47

5.4 Расчет показателей надежности системы.....	48
6 Разработка человека машинного интерфейса.....	54
6.1 Понятие человеко-машинного интерфейса.....	54
6.2 Роль оператора.....	55
6.3 Описание операций.....	56
Заключение.....	60
Список используемой литературы.....	62

## **Введение**

Автоматизация – научно-технический прогресс, использующий саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения или уменьшения участия человека в процессах получения, преобразования, передачи или использования энергии, материалов, изделий или информации.

Автоматизируются:

- производственные процессы;
- проектирование;
- организация, планирование и управление;
- научные исследования;
- и другие сферы человеческой деятельности.

Автоматизация позволяет повысить производительность труда, улучшить качество продукции, оптимизировать процессы управления, отстранить человека от производств, опасных для здоровья. В состав систем автоматизации входят датчики (сенсоры), устройства ввода, управляющие устройства (контроллеры), исполнительные устройства, устройства вывода, компьютеры.

Основная тенденция развития систем автоматизации идет в направлении создания автоматических систем, которые способны выполнять заданные функции или процедуры без участия человека. Роль человека заключается в подготовке исходных данных, выборе алгоритма (метода решения) и анализе полученных результатов. Также в подобных системах предусматривается постепенно наращиваемая защита от нестандартных событий (аварий) или способы их обхода.

На степень автоматизации влияют вероятность и разнообразность нестандартных событий (аварий), продолжительность времени, отведенного на решение задачи, и её вид.

Основные виды систем автоматизации:

- автоматизированная система планирования (АСП),
- автоматизированная система научных исследований (АСНИ),
- система автоматизированного проектирования (САПР),

- автоматизированный экспериментальный комплекс (АЭК),
- гибкое автоматизированное производство (ГАП) и автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП),
- автоматизированная система управления эксплуатацией (АСУ) и система автоматического управления (САУ).

## **1 Анализ существующих систем автоматизации**

В настоящее время на рынке существует большое количество решений для автоматизации практически любой деятельности организаций.

Стандартные решения автоматизации способны удовлетворить многие, но не все требования организаций. В независимости от отрасли, или сферы ведения хозяйственной деятельности одно и тоже готовое средство может оказаться излишне функциональным – в лучшем случае, или иметь изъян в виду своей ограниченности.

В связи свыше сказанным можно выделить ряд проблем возникающих у руководителей подразделений и IT специалистов, занимающихся разработкой, а также внедрением подобных систем.

Основные проблемы автоматизации деятельности предприятий:

- недостатки функциональной части систем автоматизаций;
- невозможность сопряжения функциональных модулей, систем автоматизации конкурирующих разработчиков;
- различные форматы входных и выходных данных;
- закрытость исходных кодов и ограничения, связанные с соблюдением авторских и смежных прав;
- отсутствие возможностей конфигурирования многих систем автоматизации.

Возникает вопрос: «Так как же все-таки внедрить автоматизированную систему управления (АСУ) и потратить на это ровно столько средств и времени, сколько необходимо».

Внедрение АСУ – это Проект, т. е. деятельность, направленная на достижение определенной цели в рамках временных и бюджетных ограничений. Причем проект не столько технический, сколько организационный, так как предусматривает перестройку (иногда значительную) бизнес-процессов и всей системы управления предприятием. От того, учтете ли вы при реализации проекта все его особенности, и зависит, будет он успешным или нет.

Цель любой автоматизации - решение каких-то проблем, поэтому их точное определение и есть та отправная точка, с которой начинается автоматизация.

Часто полагают, что внедрение автоматизированной системы управления - это всегда хорошо, это прогресс, и, следовательно, эффективность управления должна автоматически вырасти. К сожалению, это не так. Более того, существует правило: «Автоматизация эффективных операций повышает их эффективность, а автоматизация не эффективных операций повышает их неэффективность».

Как показывает практика, часть проблем, которые пытаются решить автоматизацией, вообще связаны с организацией работы на предприятии, и справиться с ними можно только организационными и административными мерами. Рациональный документооборот, распределение загрузки между сотрудниками, повышение квалификации, освоение смежных специальностей, перераспределение ответственности и полномочий - вот далеко не полный перечень инструментов для увеличения эффективности работы предприятия. АСУП дополняют их, но никак не заменяют.

Проведение комплексного обследования организации помогает выявить причины проблем и пути их решения. Его масштабы определяются масштабами предполагаемого проекта. Помимо построения модели процессов на предприятии, обследование позволяет определить психологический климат и сложившиеся взаимоотношения в коллективе. Полученные результаты помогают проанализировать риски и разработать оптимальные методы воздействия на персонал для повышения его заинтересованности в достижении целей проекта.

Упрощает задачу проведение так называемого «целевого внедрения». Для этого нужно внедрять АСУП не с целью получить глобальный результат, а для того чтобы решить ряд локальных задач. Такие проекты лучше поддаются денежной и качественной оценке, проще в реализации и позволяют распределить денежные затраты на больший отрезок времени.

Цели проекта должны быть четко сформулированы и иметь количественное выражение, это позволит точно определить «момент» завершения проекта и поможет избежать ситуации, когда проект «нельзя закончить, а можно лишь прекратить».

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) — группа решений технических и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях.

Под АСУ ТП обычно понимается целостное решение, обеспечивающее автоматизацию основных операций технологического процесса на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённое изделие.

Понятие «автоматизированный», в отличие от понятия «автоматический», подчёркивает необходимость участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций.

Составными частями АСУ ТП могут быть отдельные системы автоматического управления (САУ) и автоматизированные устройства, связанные в единый комплекс. Такие как системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA), распределенные системы управления (DCS), и другие более мелкие системы управления (например, системы на программируемых логических контроллерах (PLC)). Как правило, АСУ ТП имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса, типовые элементы автоматики: датчики, устройства управления, исполнительные устройства. Для информационной связи всех подсистем используются промышленные сети.

специалисты АСУ ТП обслуживают контроллерное оборудование, программное обеспечение, АРМ и их поддержку

Основными целями создания АСУ ТП являются:

- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- увеличение выхода товарной продукции;

- уменьшение трудозатрат оперативного технологического персонала системы в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
- уменьшение материальных и энергетических затрат;
- выбор рациональных технологических режимов с учетом показаний приборов КИПиА и оперативной корректировки управления;
- улучшение качественных показателей конечной продукции;
- автоматизированная диагностика и предотвращение аварийных ситуаций.

Для достижения установленных целей в системе реализованы следующие автоматизируемые функции:

- автоматизированный сбор и первичная обработка технологической информации, определение значений параметров по измеренным сигналам;
- предупредительная и аварийная сигнализация при выходе технологических показателей за установленные границы и при обнаружении неисправностей в работе оборудования АСУ ТП;
- автоматическая обработка информации, вычисление усредненных, интегральных и удельных показателей, логическая обработка информации;
- управление технологическими режимами в реальном масштабе времени, предотвращение аварийных ситуаций;
- представление технологической и системной информации;
- накопление, регистрация и хранение поступающей информации;
- автоматическое составление отчетов и рабочих (режимных) листов за определенные периоды времени;
- получение данных и регистрация срабатывания подсистем, а также контроль их работоспособности;
- защита собственных баз данных и программного обеспечения от разрушения при аварийных ситуациях и от несанкционированного доступа;
- самодиагностика, выдача сообщений по отказам и предотвращение их последствий;
- конфигурирование и самодокументирование.

## 2 Описание технологического процесса

### 2.1 Выделение изобутан-изобутиленовой фракции

Контактный газ цеха БК-2 с давлением не выше 0,4 кгс/см<sup>2</sup> и температурой не выше 50 С<sup>0</sup>, представляющий собой смесь продуктов дегидрирования изобутана, поступает на установку БК-3 для выделения из него изобутан-изобутиленовой фракции. Контактный газ через фильтры-сепараторы 0-401/1,2, где происходит отделение капель жидкости и улавливание катализаторной пыли, поступает во всасывающий коллектор турбокомпрессоров «Виола» Тк-403, где компримируется до давления не выше 11,5 кгс/см<sup>2</sup>. Во всасывающий коллектор через фильтр-сепаратор 0-401 поступают также газы отдувок из аппаратов 0-445/II и Е-440 цеха БК-3, Е-1/III, К-14 и Е-110 цеха И-3-9, Т-31а цеха И-6, Е-1/I-IV, Е-9/II, Е-6а цеха Д-1а. На линии подачи отдувок из цеха Д-1а установлен пневмоотсекатель для защиты турбокомпрессоров «Виола» от завышения давления на всасе выше 0,4 кгс/см<sup>2</sup> и завышения уровня в сепараторах 0-401 выше 25%.

Турбокомпрессор «Виола» снабжен 2-мя промежуточными и одним пусковым холодильниками. В промежуточных и пусковом холодильниках, охлаждаемых промышленной водой, часть паров воды, поступающей с контактным газом, конденсируется и сливается в сборник Е-411. Углеводородная вода из сборника Е-411 насосом Н-447 подается на скруббер С-8 цеха БК-2. В сборник Е-411 поступает также углеводородная вода из сепараторов 0-401 и из емкостей Е-423 и Е-440 установки газоразделения.

Для предотвращения завышения давления во всасывающем коллекторе турбокомпрессора установлен гидрозатвор Пн-402 с сепаратором 0-402а, из которого контактный газ при завышении давления выше 0,45 кгс/см<sup>2</sup> сбрасывается на факел.

Сжатый контактный газ с нагнетания турбокомпрессора Тк-403 поступает в межтрубное пространство конденсаторов Т-414/1,2, где частично конденсируется за счет охлаждения промышленной водой, поступающей в трубное пространство конденсаторов. Сконденсированные углеводороды стекают в емкость Е-415. Несконденсированный газ поступает в трубное пространство конденсатора Т-417,

где охлаждается за счет испарения в межтрубном пространстве жидкого пропана, поступающего из сепаратора 0-417а с жидким пропаном. Уровень жидкого пропана в конденсаторе Т-417 и сепараторе 0-417а поддерживается регулятором поз. LIRCA 8103, клапан которого расположен на линии подачи жидкого пропана в сепаратор 0-417а. Газообразный пропан из аппарата 0-417а поступает в коллектор газообразного пропана.

Смесь жидких и газообразных углеводородов из трубного пространства конденсатора Т-417 поступает в сепаратор 0-445/1, где происходит отделение жидкости от газа.

Жидкие углеводороды из сепаратора 0-445/1 стекают в емкость Е-415, а несконденсированный газ направляется в нижнюю часть абсорбера КТ-418 для улавливания углеводородов С4.

На верхнюю тарелку абсорбера подается абсорбент, охлаждаемый в холодильнике Т-428. В качестве абсорбента используется кубовый продукт колонны КТ-437.

Охлаждение абсорбента в холодильнике Т-428 происходит за счет испарения жидкого пропана в межтрубном пространстве аппарата. Уровень жидкого пропана в холодильнике Т-428 и сепараторе 0-428а поддерживается регулятором поз. LIRCA 8134, клапан которого установлен на линии подачи жидкого пропана в сепаратор 0-428а.

Количество абсорбента регулируется регулятором расхода поз. FIRC 8106, клапан которого установлен на линии подачи абсорбента в абсорбер КТ-418. Абсорбент, стекая вниз по тарелкам абсорбера, поглощает из газа углеводороды С4. Абсорбция происходит при давлении до 11,5 кгс/см<sup>2</sup> и температуре абсорбента не выше 15оС.

Насыщенный абсорбент с температурой 30-40оС из куба абсорбера за счет перепада давлений поступает в теплообменник Т-419, где нагревается поступающим в трубное пространство встречным потоком «тощего» абсорбента из куба десорбера КТ-420.

Количество отбираемого насыщенного абсорбента из куба абсорбера КТ-418 замеряется диафрагмой поз. FLIRC 8105 и регулируется регулятором уровня поз. LIRA 8105, клапан которого установлен на линии насыщенного абсорбента перед теплообменником Т-419.

Предусмотрена возможность последовательной и параллельной работы теплообменников Т-419/І,ІІ по трубному и межтрубному пространствам. Из теплообменника Т-419 насыщенный абсорбент поступает на питание десорбера КТ-420, представляющего собой ректификационную колонну с колпачковыми тарелками. Сюда же подается кубовый продукт колонны КТ-437, используемый в качестве абсорбента. В десорбере из насыщенного абсорбента происходит десорбция углеводородов С<sub>4</sub>, которые с верха колонны поступают на конденсацию в конденсатор Т-422, охлаждаемый водой. Сконденсированные углеводороды стекают в емкость Е-423. Несконденсированный газ поступает в трубное пространство пропанового конденсатора Т-422а, где происходит дальнейшее охлаждение и конденсация углеводородов С<sub>4</sub> за счет испарения пропана в межтрубном пространстве.

Уровень пропана в аппаратах Т-422а и 0-422б поддерживается регулятором поз. LIRCA 8135, клапан которого установлен на линии подачи жидкого пропана в сепаратор 0-422б.

Смесь жидких и газообразных углеводородов из трубного пространства конденсатора Т-422а поступает в сепаратор 0-445/ІІ, откуда углеводородный конденсат стекает в емкость Е-423, а несконденсированные углеводороды поступают на всас компрессоров. Давление в десорбере КТ-420 поддерживается регулятором поз. PIRCA 8111, клапан которого установлен на линии подачи несконденсированного газа из сепаратора 0-445/ІІ.

Из емкости Е-423 углеводородный конденсат насосом Н-424 подается в виде флегмы на верх десорбера КТ-420, а избыток – в емкость Е-415. Уровень в емкости Е-423 выдерживается регулятором поз. LIRCA 8113, клапан которого расположен на линии от насоса Н-424 в емкость Е-415. Расход флегмы на колонну КТ-420

регулирується регулятором поз. 8112, клапан якого встановлений на лінії подачі флегми в колонну КТ-420.

Подача тепла в десорбер КТ-420 здійснюється через виносні кипятильники Т-421, обігріваемі паром. Постійність температури в кубі десорбера КТ-420 підтримується регулятором тиску пара поз. PIRC 8127, клапан якого встановлений на лінії подачі пара в кипятильники Т-421. Конденсат з кипятильників Т-421 поступає в збірник Е-421а, а з нього в збірник Е-455, де відокремлюється пар вторичного вскипання, отриманий за рахунок дроселювання. З збірника Е-455 конденсат поступає в загальний колектор конденсату, а пар вторичного вскипання – в трубопровід пара на кипятильники Т-431.

Рівень конденсату в збірниках Е-421а і Е-455 підтримується автоматично, клапани регуляторів поз. LIRC 8282, LIRC 8141 встановлені на лініях виходу конденсату з цих збірників.

Тоший абсорбент з куба колонни КТ-420 через теплообмінник Т-419, де охолоджується за рахунок нагріву насиченого абсорбента, поступає в трубне простір повітряного холодильника АВЗ-425. Охолоджений в апараті АВЗ-425 тоший абсорбент поступає в міжтрубне простір холодильника Т-425б, де додатково охолоджується водою, що поступає в трубне простір. Переток тошого абсорбента з куба десорбера через теплообмінник Т-419 і холодильники АВЗ-425 і Т-425б в ємкість Е-426 відбувається самотеком за рахунок перепаду тиску.

Рівень в кубі десорбера КТ-420 підтримується автоматично регулятором поз. LIRA 8109, клапан якого встановлений на лінії абсорбента після холодильника АВЗ-425 в ємкість Е-426.

Тиск в ємкості Е-426 підтримується регулятором поз. PIRCA 8126, клапан якого розташований на лінії подачі інгазу в ємкість Е-426. З ємкості Е-426 тоший абсорбент насосом Н-427 подається в трубне простір пропанового холодильника Т-428, де за рахунок випаровування пропану в міжтрубному просторі охолоджується до температури не вище +15оС і поступає на верхню тарелку абсорбера КТ-418.

Избыток абсорбента из емкости Е-426 откачивается в цех Д-12-13. Уровень в емкости Е-426 поддерживается автоматически регулятором поз. LIRC 8291, клапан которого установлен на линии откачки абсорбента насосом Н-427 в цех Д-12-13.

Неабсорбированный газ с верха абсорбера поступает в сепаратор 0-446 для отделения капель унесенного абсорбента, и далее через емкость Е-456 сбрасывается в топливную сеть предприятия. Жидкие углеводороды из сепаратора 0-446, по мере накопления, выдавливаются в линию питания десорбера КТ-420.

Давление в абсорбере поддерживается регулятором поз. PIRCA 8108, клапан которого установлен на линии подачи абгаза из сепаратора 0-446 в емкость Е-456. Давление в емкости Е-456 выдерживается регулятором поз. PIRCA 8290, клапан которого установлен на линии подачи абгаза из емкости Е-456 на заводы № 1,2. При сокращении потребления абгаза заводами № 1,2 и повышении давления в емкости Е-456 избыточное давление сбрасывается на факел. Давление в емкости Е-456 в этом случае выдерживается регулятором поз. PIRCA 8281, клапан которого установлен на линии сброса абгаза на факел.

Углеводородный конденсат, поступивший в емкость Е-415 из сепаратора 0-445/1, содержит значительное количество воды, которая поступает в отстойник Е-415а для отстаивания и отделения от углеводородов. Вода за счет разности давлений в скруббере С-8 цеха БК-2 и в отстойнике Е-415а поступает в скруббер С-8. Уровень раздела фаз в отстойнике Е-415а поддерживается регулятором поз. LIRCA 8132, клапан которого расположен на линии подачи углеводородной воды в цех БК-2.

Из емкости Е-415 углеводородный конденсат, представляющий собой недостаточно стабилизированную и неочищенную от тяжелых компонентов изобутан-изобутиленовую фракцию, насосом Н-416 подается в колонну стабилизации КТ-430, где происходит отгонка легколетучих углеводородов.

Количество подаваемой фракции из емкости Е-415 в колонну КТ-430 поддерживается автоматически регулятором расхода поз. FLIRC 8104 с коррекцией по уровню в емкости Е-415. Клапан установлен на линии подачи фракции от насоса Н-416 в колонну КТ-430.

Температура в кубе колонны КТ-430 поддерживается регулятором поз. TIRC 8115, клапан которого расположен на линии подачи пара в кипятильники Т-431. Паровой конденсат из кипятильника Т-431/1 поступает в сборник Е-431а, откуда поступает в общий коллектор конденсата за счет разности давления в сборнике и коллекторе конденсата. Уровень в сборнике Е-431а поддерживается регулятором поз. LIRC 8283, клапан которого расположен на линии подачи конденсата из сборника Е-431а в коллектор конденсата.

Предусмотрена подача пара от котлов-утилизаторов цеха БК-2 в коллектор пара 5 кгс/см<sup>2</sup> и в кипятильник Т-431/II.

В случае подачи пара в коллектор он используется совместно с паром из заводской сети на кипятильниках Т-431/I,II и Т-438. При этом конденсат возвращается на ТЭЦ и частично в цех БК-2.

В случае подачи пара на кипятильник Т-431/II паровой конденсат из кипятильника Т-431/II поступает в сборник Е-431б, откуда за счет разности давлений поступает в емкость Е-23 цеха БК-2. Уровень в сборнике Е-431б поддерживается регулятором поз. LIRC 8285, клапан которого расположен на линии подачи конденсата из сборника Е-431б в цех БК-2.

Пары углеводородов из колонны КТ-430 поступают в дефлегматор Т-432, охлаждаемый промышленной водой. Несконденсированные в дефлегматоре Т-432 углеводороды поступают в трубное пространство конденсатора Т-435, где за счет испарения пропана в межтрубном пространстве происходит дальнейшая конденсация.

Уровень пропана в аппаратах Т-435 и 0-435а поддерживается регулятором поз. LIRCA 8137, клапан которого установлен на линии подачи жидкого пропана в сепаратор 0-435а.

Сконденсированные в аппарате Т-432 углеводороды стекают в емкость Е-433.

Смесь жидких и газообразных углеводородов из трубного пространства конденсатора Т-435 поступает в сепаратор 0-445/III, откуда жидкие углеводороды стекают в емкость Е-433, а несконденсированный газ стравливается в топливную сеть завода через сепаратор 0-456. Предусмотрена возможность возврата

углеводородов, не сконденсированных в конденсаторе Т-435, в абсорбер КТ-418 через сепаратор 0-445/Ш.

Давление в колонне КТ-430 регулируется регулятором поз. PIRCA 8116, клапан которого установлен на линии стравливания газа после сепаратора 0-445/Ш.

Углеводородный конденсат из емкости Е-433 насосом Н-434 подается в колонну КТ-430 в виде флегмы, количество которой регулируется с коррекцией по уровню в емкости Е-433. Клапан регулятора расхода поз. FLIRC 8118 установлен на линии подачи флегмы в колонну КТ-430.

Стабилизированная изобутан-изобутиленовая фракция из куба колонны КТ-430 за счет перепада давления поступает в колонну КТ-437 (на тарелки 10 или 22), где происходит отгонка изобутан-изобутиленовой фракции от тяжелых углеводородов. Уровень в кубе колонны КТ-430 регулируется регулятором поз. LIRA 8119, клапан которого установлен на линии вывода фракции из куба колонны КТ-430 в колонну КТ-437.

В линию питания колонны КТ-437 после клапана поз. 8119 принимается также изобутилен из колонны КТ-155 установки И-9 и кубовый продукт колонны КТ-48 установки БК-4.

Схемой предусмотрена возможность подачи изобутилена из И-9 в линию подачи изобутан-изобутиленовой фракции в цех Д-1а после клапана поз. LIRCA 8124 и в аппарат Е-1 цеха БК-4.

Пары изобутан-изобутиленовой фракции с верха колонны КТ-437 поступают в дефлегматор Т-439, охлаждаемый промышленной водой. Сконденсированные жидкие углеводороды стекают в емкость Е-440, откуда насосом Н-441 через клапан регулятора расхода поз. FIRC 8123 подаются на верхнюю тарелку колонны КТ-437 в качестве флегмы, а избыток откачивается через клапан регулятора уровня в емкости Е-440 поз. LIRCA 8124 на склад готовой продукции и в цех БК-4.

Несконденсированные в дефлегматоре Т-439 газообразные углеводороды стравливаются из емкости Е-440 через клапан регулятора давления поз. PIRCA 8122 в сепаратор О-401 и далее на всас турбокомпрессора «ВИОЛА» блока компримирования контактного газа.

Температура в кубе колонны КТ-437 регулируется регулятором поз. TIRC 8121, клапан которого установлен на линии подачи пара в кипятильник Т-438.

Паровой конденсат из кипятильника Т-438 поступает в сборник Е-438а. Постоянный уровень конденсата в сборнике Е-438а поддерживается регулятором уровня поз. LIRCA 8284, клапан которого расположен на линии подачи конденсата из сборника Е-438а в общий коллектор конденсата.

Уровень в колонне КТ-437 поддерживается автоматически регулятором поз. LIRA 8125, клапан которого расположен на линии подачи кубового продукта колонны КТ-437 в линию питания колонны КТ-420.

Схемой предусмотрена подача кубового продукта колонны КТ-437 в емкость Е-6/IV цеха Д-12-13 за счет перепада давления в колонне КТ-437 и в емкости Е-6/IV цеха Д-12-13.

В связи с тем, что с контактным газом поступает некоторое количество водяных паров, в нижней части емкостей Е-433, Е-423 и Е-440 отстаивается вода. Вода из емкостей Е-423, Е-440 периодически сливается в сборник Е-411, а из емкости Е-433 – в отстойник Е-415а – за счет перепада давлений.

Схемой предусмотрена звуковая и световая сигнализация, которая срабатывает при отклонении технологических параметров (расхода, давления, уровня, температуры в аппаратах) от установленных пределов.

Системой противоаварийной защиты турбокомпрессоров предусмотрена сигнализация и блокировка параметров.

Турбокомпрессор «Виола» автоматически отключается в случаях:

- завышения давления газа на нагнетании выше 13,0 кгс/см<sup>2</sup>.
- снижения давления смазывающего масла ниже 1,5 кгс/см<sup>2</sup>.
- достижения осевого сдвига ротора 0,3 мм.
- снижения давления регулирующего воздуха ниже 3,0 кгс/см<sup>2</sup>.
- повышения температуры подшипников выше 70оС.
- повышения температуры газа за промежуточными и пусковыми охладителями выше 55°С.
- достижения вибрация подшипников турбокомпрессора выше 12 мм/сек

## 2.2 Получение холода 0 С<sup>0</sup>

Холодильное отделение установки предназначено для получения холода 0 С<sup>0</sup> путем непосредственного испарения жидкого пропана в аппаратах Т-417, Т-428, Т-422а, Т-435.

Газообразный пропан из аппаратов поступает в коллектор газообразного пропана и далее в сепараторы 0-305/І-ІІ. Из сепараторов газообразный пропан поступает на всасывание турбокомпрессорами «Грета» с давлением не выше 3,95 кгс/см<sup>2</sup>. В турбокомпрессоре пропан сжимается до давления не выше 17,0 кгс/см<sup>2</sup> и температуры не выше 150оС и поступает в межтрубное пространство конденсаторов Т-302.

Каждый турбокомпрессор имеет свой конденсатор. Схемой предусмотрена возможность работы каждого турбокомпрессора с любым конденсатором.

В конденсаторе Т-302 происходит конденсация паров пропана за счет охлаждения водой, циркулирующей в трубном пространстве. Сконденсированный и охлажденный пропан сливается в ресивер Е-307.

Жидкий пропан из ресивера Е-307 поступает в коллектор жидкого пропана.

Из коллектора жидкий пропан поступает в сепараторы 0-417а, 0-428а, 0-422б, 0-435а.

Уровень пропана в сепараторах поддерживается регулятором соответственно поз. LIRCA 8103, поз. LIRCA 8134, поз. LIRCA 8135, поз. LIRCA 8137, клапаны которых установлены на линиях подачи пропана в сепараторы. Жидкий пропан из сепараторов направляется в теплообменное оборудование, потребляющее пропановый холод. Пары пропана из теплообменников возвращаются в соответствующие сепараторы 0-417а, 0-428а, 0-422б, 0-435а, откуда поступают в коллектор газообразного пропана.

Системой защиты турбокомпрессоров «Грета» предусмотрена сигнализация и блокировка параметров.

Турбокомпрессоры «Грета» автоматически отключаются в следующих случаях:

- давление пропана на всасе выше 4,15 кгс/см<sup>2</sup>,

- давление пропана на нагнетании выше 18 кгс/см<sup>2</sup>,
- температура пропана на нагнетании выше 175оС.
- давление смазывающего масла ниже 1,0 кгс/см<sup>2</sup>,
- давление уплотняющего масла ниже 3,05 кгс/см<sup>2</sup>,
- температура подшипников выше 75оС,
- давление воздуха в продувочной линии от панели управления менее 50 мм в.ст.,
- давление воздуха в продувочной линии от электродвигателя менее 50 мм в.ст.

При завышении уровня жидкого пропана в сепараторах 0-305/І-ІІ, сборнике Е-304, ресиверах Е-307/І-ІІ, конденсаторе Т-302 срабатывает световая и звуковая сигнализация на щите управления в операторной.

### 2.3 Заполнение и освобождение системы от пропана

Жидкий пропан из коллектора всасывания турбокомпрессорами «Грета» собирается в сборник Е-304, откуда периодически передавливается в один из сборников Е-317/І,ІІ. Схемой предусмотрена отпарка жидкого пропана в сборнике Е-304 за счет подачи горячего пропана в змеевик сборника.

Жидкий пропан, отделяющийся от газообразного пропана в сепараторах 0-305 и скопившийся в коллекторе газообразного пропана, сливается в сборник Е-317. В сборники Е-317 также сливается пропан при освобождении пропановых аппаратов установки газоразделения.

При наполнении емкости Е-317 жидкий пропан периодически передавливается в ресивер Е-307. Схемой предусмотрена отпарка жидкого пропана из емкостей Е-317/І и Е-317/ІІ за счет подачи горячего пропана в змеевики емкостей.

Маслопропановая смесь из аппаратов Е-317 и Е-307 периодически выдавливается в емкость Е-315, где за счет пара, подаваемого в змеевик емкости, происходит отпарка пропана из масла. Пропан стравливается на всас турбокомпрессоров «Виола», а масло выводится в бойлер

### **3 Описание использованного оборудования**

#### **3.1 Назначение системы**

Наименование системы - Техническое перевооружение системы КИПиА без изменения технологической схемы установки выделения изобутан -изобутиленовой фракции (ИИФ) производства ИИФ и изобутилена ООО «Тольяттикаучук».

Условное обозначение - АСУТП БК-3

АСУ ТП БК-3 предназначена:

- для целевого применения как законченное изделие под определенный объект автоматизации - установки выделения ИИФ производства ИИФ и изобутилена;
- для стабилизации заданных режимов технологического процесса путем контроля значений технологических параметров, визуального представления и выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий оператора - технолога;
- для определения аварийных ситуаций на технологических узлах путем опроса подключенных к Системе датчиков в автоматическом режиме, анализа измеренных показаний и переключения технологических узлов в безопасное состояние путем выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы в автоматическом режиме или по инициативе оперативного персонала;
- для формирования информации о работе технологического объекта и вывода на печать отчетных документов.

#### **3.2 Объекты автоматизации**

Объектом автоматизации АСУ ТП БК-3 является установка выделения ИИФ производства ИИФ и изобутилена ООО «Тольяттикаучук».

В состав установки выделения ИИФ входят:

- наружная установка;
- компрессорное отделение;
- помещение маслохозяйства.

### 3.3 Функции, реализуемые системой

Автоматизированный сбор и первичная обработка технологической информации, определение значений параметров по измеренным сигналам

Сбор и первичная обработка технологической информации включает в себя:

- опрос аналоговых и дискретных датчиков КИП;
- фильтрацию сигналов от высокочастотных помех и выбросов;
- масштабирование и перевод в действительные значения в соответствии с градуировочными характеристиками аналоговых измерительных элементов.

Первичная обработка обеспечивает достоверность принимаемой информации.

Предупредительная и аварийная сигнализация при выходе технологических параметров за установленные границы и при обнаружении неисправностей в работе оборудования системы

На операторской станции (ОС) предусмотрена световая и звуковая сигнализация с возможностью квитирования. Световая сигнализация реализуется мерцанием и изменением цвета фона цифровых значений переменных и графических объектов на экранах дисплеев. После квитирования мерцание прекращается, а цвет остается соответствующим состоянию переменных.

Система обеспечивает срабатывание сигнализации:

- при нарушении регламентных границ технологических переменных. При этом сигнализация двух уровней - предупредительная и аварийная;
- при обнаружении загазованности в пределах технологического объекта;
- при обнаружении очагов возгорания в пределах технологического объекта;
- при обнаружении неисправности в работе собственного оборудования или получении сигнала о неисправной работе подсистем, датчиков, исполнительных механизмов и прочего оборудования системы.

В системе предусмотрена звуковая сигнализация трех тональностей:

- предупредительная;
- аварийная;

- неисправность оборудования.

Автоматическая обработка информации, вычисление усредненных, интегральных и удельных показателей, логическая обработка информации

Система обеспечивает:

- расчет вычисляемых показателей;
- расчет средних и интегральных значений параметров;
- регистрацию и подготовку данных для отчетов по наработке технологического оборудования;
- ручной ввод и последующую обработку данных.

Управление технологическими режимами в реальном масштабе времени, предотвращение аварийных ситуаций

Система обеспечивает формирование значения управляющего воздействия, проверку его на допустимость (превышение границ по максимуму, минимуму, корректность работы блоков цифро-аналогового преобразования (ЦАП) по сигналам самодиагностики) и выдачу на исполнительный механизм (ИМ) с периодом не более 1 секунды.

При этом, для аналоговых выходных сигналов производится проверка выходной цепи на обрыв и короткое замыкание. При обнаружении неисправности в цепи, генерируется аварийный сигнал, информирующий оператора.

Для функции регулирования обеспечена реализация типовых законов регулирования. Для дискретного регулирования - однопозиционное, двухпозиционное и т.д. При этом могут применяться одноконтурные и каскадные схемы регулирования. В каждом контуре предусмотрена возможность ручного дистанционного управления с ОС. При этом обеспечен безударный переход с ручного режима управления на автоматический и наоборот.

Настройка параметров регуляторов, а также коррекция алгоритмов программно-логического управления производится на инженерной станции с последующей перезагрузкой программы в управляющий контроллер.

Все действия оператора-технолога по связи с системой защищены от возможных ошибок.

### 3.4 Функции противоаварийной защиты

Система обладает полным набором логических функций. Срабатывание защит сопровождается звуковой сигнализацией с выдачей детальной информации на экран сигнализаций.

В системе предусмотрена возможность отключения защит для обеспечения пуска, останова и т.д. Срабатывания блокировок регистрируются в системе с выводом последовательности событий на печать.

#### Представление технологической и системной информации

Функция отображения информации обеспечивает по запросу оператора-технолога вывод на экран цветного графического дисплея оперативной информации о работе объектов автоматизации, представляемой в виде графиков, мнемосхем, гистограмм, таблиц и т.п.

#### Накопление, регистрация и хранение поступающей информации

В системе регистрируются и архивируются в хронологическом порядке с возможностью последующего просмотра и вывода на печать:

- данные о работе объектов автоматизации - числовые значения измеренных параметров с заданной периодичностью (тренды);
- действия оператора с регистрацией содержания и времени произведенных операций;
- срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации, срабатывание защит с указанием номеров позиций, величины параметра, времени срабатывания и времени восстановления параметра в нормальное состояние;
- аварийные сигналы диагностики с указанием неисправности, времени их возникновения, а также восстановления нормального состояния.

Архивные данные хранятся на энергонезависимых носителях информации, поэтому предусмотрена возможность их копирования на диски и/или магнитооптическое устройство.

Некоторые данные, например, настроечные параметры регуляторов, при невозможности их автоматического сохранения на энергонезависимых носителях

информации, могут сохраняться в памяти контроллера. Поэтому предусмотрены меры защиты от потери данной информации в аварийных ситуациях и/или возможность периодического их сохранения по требованию оператора на энергонезависимые носители.

Автоматическое составление отчетов и режимных листов за определенные периоды времени

В системе происходит автоматическое составление отчетов по заданной форме на основе собранной информации и, при необходимости, вывод их на печать:

- режимный лист оператора-технолога (1 раз за смену и по требованию);
- журнал о действиях операторов, о нарушениях регламентных границ технологических параметров, о системных сообщениях (по требованию и/или автоматически по мере возникновения событий);
- архивная информация по выбранным позициям в виде таблиц, либо трендов за определенное время (по требованию).

Защита собственных баз данных и программного обеспечения от разрушения при аварийных ситуациях

Отказ технических средств системы или потеря электропитания не приводят к разрушению операционной системы, потере собственной конфигурации, а также настроечных параметров функциональных блоков.

С этой целью предусмотрена батарейная поддержка технических средств и другие способы (например, сохранение информации в энергонезависимой памяти), позволяющие сохранять параметры и программы при отсутствии электроэнергии в течение длительного времени.

Самодиагностика, выдача сообщений по отказам и предотвращение их последствий

Системой фиксируются и отображаются на операторской станции следующие ситуации:

- отказ источников питания;
- отказ контроллеров, модулей ввода/вывода, операторской станции;

- обрыв и короткое замыкание входных/выходных цепей аналоговых датчиков;
- отклонение сигналов за установленные диапазоны.

В системе предусмотрены меры по минимизации последствий отказов и их влияния на работу объектов автоматизации:

- при обнаружении неисправности в резервируемых узлах (контроллеры и т.д.), система обеспечивает автоматический безударный переход на резервный узел с сигнализацией и регистрацией данного факта;
- при отказе технических средств системы или потере электропитания в системе предусмотрены аппаратные и программные средства сохранения информации в энергонезависимой памяти и на внешних носителях.

#### Конфигурирование и самодокументирование

Система имеет полный набор аппаратного и программного обеспечения для создания и изменения собственной конфигурации. Создание или изменение конфигурации производится на инженерной станции без нарушения работы системы.

#### 3.5 Описание системы

АСУ ТП БК-3 имеет трехуровневую иерархическую структуру:

Нижний уровень - уровень полевого оборудования.

Средний уровень - уровень автоматического контроля и управления, реализованный на базе технических средств системы DeltaV фирмы Emerson Process Management (США).

Средний уровень обеспечивает сбор, обработку информации, поступающей от аналоговых и дискретных датчиков объекта контроля и управления, автоматическое и по командам с верхнего уровня управление оборудованием

В состав аппаратных средств среднего уровня Системы входят программируемые логические контроллеры (ПЛК), устройства ввода/вывода, аппаратура интерфейсных связей, интерфейсы промышленной сети.

В состав основных программных средств входит общесистемное, инструментальное и прикладное программное обеспечение программируемых логических контроллеров.

Верхний уровень - уровень оперативно-производственной службы (ОПС). Верхний уровень предназначен для централизованного мониторинга и управления производственными, технологическими процессами и противоаварийной защитой технологического оборудования внутри объектов автоматизации.

В состав аппаратных средств верхнего уровня входят операторские станции в виде персональных компьютеров, инженерная станция, станция инженера КИП, интеграционная станция, принтеры, а также промышленное сетевое оборудование.

Связь между средним и верхним уровнями осуществляется на базе резервированной промышленной сети стандарта Ethernet.

По функциональным признакам АСУ ТП БК-3 делится на три независимые подсистемы:

- РСУ -распределенная система управления технологическими процессами;
- ПАЗ - система противоаварийной защиты.

Распределенная Система Управления предназначена для управления технологическим процессом совместно с оперативным персоналом в режиме реального времени.

Система Противоаварийной Защиты предназначена для автоматического перевода технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций.

Сведения о системе в целом и ее частях, необходимых для обеспечения эксплуатации системы

т/к «ГРЕТА» 301/II

Число каналов ввода сигналов - 67, в том числе:

- аналоговых - 36;
- дискретных - 31.

Число каналов вывода сигналов - 40, в том числе:

- аналоговых - 2;

-дискретных - 38.

### 3.6 Программное обеспечение

Программное обеспечение системы подразделяется на ПО рабочих станций и ПО контроллеров MD Плюс системы DeltaV.

ПО контроллера MD Плюс предназначено для реализации полного набора функций по контролю и управлению технологическим процессом.

Вычислительные и логические функции реализуются на основе встроенных математических и логических блоков, контуры регулирования - на базе блоков аналогового управления.

В системе управления контроллеров MD Плюс имеется восемь библиотек, семь из которых содержат базовые функциональные блоки:

- I/O (Ввод/вывод);
- Analog Control (Аналоговое управление);
- Logical (Логические блоки);
- Math (Математические блоки);
- Timer/Counter (Таймеры/Счетчики)
- Energy Metering (Энергетические вычисления)
- Advanced Control (Усовершенствованное управление)

и в одну помещены специальные объекты (Special Items).

ПО контроллеров MD Плюс поддерживает разработку управляющих стратегий с помощью языков, соответствующих стандарту IEC 61131-3, а также функциональных блоков FOUNDATION Fieldbus. Языки управления включают в себя диаграммы функциональных блоков (ДФБ), диаграммы функциональных последовательностей (ДФП) и структурированный текст (СТ).

ПО рабочих станций системы DeltaV подразделяется на ПО:

- «Профессиональный Плюс»;
- «Профессиональный»;
- «Операторский»;
- «Интеграционный»;
- Asset Management Solutions (AMS).

ПО пакета «Профессиональный Плюс» включает в себя все функции по проектированию, конфигурированию и управлению технологическим объектом, которые обеспечивают возможность как начальной настройки базы данных системы на конкретный объект управления, так и текущую корректировку параметров работы в режиме «on-line». Система DeltaV является полностью интегрированной системой, использующей единую базу данных, которая координирует все работы по конфигурированию.

Рабочая станция с ПО «Профессиональный Плюс» содержит центральную конфигурационную базу данных и служит для формирования БД и ее загрузки в остальные узлы системы DeltaV. Функции ведения БД осуществляются пользователем с помощью набора инструментальных средств рабочей станции DeltaV.

ПО пакета «Операторский» предназначено для операторских станций, функции которых ограничиваются операторским управлением процессом и просмотром данных процесса. ПО обеспечивает функции графического интерфейса пользователя, получения трендов реального времени и архивных трендов.

ПО интеграционной станции «Интеграционный» служит для интеграции системы DeltaV с другими системами и пакетами автоматизированного управления производством.

ПО пакета Asset Management Solutions (AMS) предназначен для дистанционного управления работой интеллектуального полевого оборудования из любой точки системы. AMS обеспечивает создание исчерпывающей базы данных характеристик интеллектуальных полевых устройств, конфигурирование, калибровку и проверку состояния приборов.

В качестве операционной среды для операторских станций используется клиентская операционная система Windows 7. Windows 7 выбрана как надежная, современная, высокооперативная, мощная и высокопроизводительная операционная система, позволяющая естественным образом реализовать решения на базе архитектуры клиент-сервер. Windows 7 сохраняет преемственность интерфейса Windows.

Высокая надежность Windows 7 определяется:

- модульностью архитектуры Windows 7, обеспечивающей защиту памяти процессов и вытесняющую многозадачность, предохраняющей прикладные задачи и саму операционную систему от некорректно работающих приложений;
- системой защиты доступа Windows 7, предотвращающей несанкционированный доступ к приложениям и данным, и реализуемой с помощью протокола безопасности IP Security Protocol для защиты сетей, туннельного протокола канального уровня L2TP, протокола безопасности в Internet IP Sec, расширенного протокола аутентификации EAP и протокола идентификации пользователей Kerberos;
- отказоустойчивой файловой системой NTFS, в которой все файловые операции основаны на транзакциях, обеспечивающих возможность возврата к нормальному состоянию в случае сбоя.

Вытесняющая многозадачность, многопроцессорность и многопоточность, страничная организация виртуальной памяти, поддержка симметричной многопроцессорной обработки (SMP), встроенные сетевые возможности обеспечивают высокую производительность Windows 7.

Windows 7 обеспечивает ключевые технологии: DDE (Обмен динамическими данными), OLE (Связывание и встраивание объектов), OPC - OLE для управления процессами и ODBC (подключение открытых баз данных).

Windows 7 поддерживает три перспективные технологии, связанные с большими сетями и Internet: Active Server Pages (ASP), встроенное средство разбора языка XML и объектную модель Com+.

Клиент-сервер архитектура Windows эффективно устраняет искусственные ограничения на построение наращиваемых приложений.

В Windows 7 также реализованы дополнительные методы безопасности таких инструментов, как Group Policy, которые позволяют контролировать каждый аспект безопасности компьютера.

## **4 Внедрение систем автоматизации**

Внедрение систем автоматизации – неотъемлемый процесс на любом производстве, позволяющий получить конкурентные преимущества и успешно решить задачи, стоящие перед компанией.

Автоматизация производства — это процесс в развитии машинного производства, при котором функции контроля и управления, ранее выполнявшиеся человеком, передаются техническим устройствам (средствам и приборам автоматизации).

### **4.1 Цель внедрения автоматизации**

Внедрение системы автоматизации на современном производстве - необходимое условие для достижения следующих целей:

- 1) внедрения новых технологий;
- 2) ускорения производственных процессов и повышение точности исполнения;
- 3) снижения аварийных ситуаций, которые могут быть созданы на производстве;
- 4) получения конкурентного преимущества на рынке в определенном направлении и т.п.;
- 5) внедрение системы автоматизации технологическими процессами предполагает проведение большого количества работ. Цикл мероприятий по модернизации должен включать в себя ознакомление с предприятием и объектом, разработку проекта. Затем изготовление, поставку и монтаж специализированного оборудования. Следует предусмотреть необходимость обучения персонала для качественного и результативного обслуживания систем.

### **Задачи автоматизации и их решение**

Цели достигаются посредством решения следующих задач автоматизации технологического процесса:

- 1) улучшение качества регулирования;

- 2) повышение коэффициента готовности оборудования;
- 3) улучшение эргономики труда операторов процесса;
- 4) обеспечение достоверности информации о материальных компонентах, применяемых в производстве;
- 5) хранение информации о ходе технологического процесса и аварийных ситуациях.

АСУТП предназначена для:

– стабилизации заданных режимов технологического процесса путем контроля значений технологических параметров, визуального представления и выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий оператора-технолога;

– определения аварийных ситуаций на технологических узлах путем опроса подключенных к Системе датчиков в автоматическом режиме, анализа измеренных показаний и переключения технологических узлов в безопасное состояние путем выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы в автоматическом режиме или по инициативе оперативного персонала;

– формирования информации о работе технологического объекта и вывода на печать отчетных документов.

АСУ ТП реализует функцию отображения информации по запросу оператора путем вывода на экран монитора операторской станции оперативных данных о состоянии технологического процесса и оборудования, представляемой в виде мнемосхем, трендов, сводок и пр. Система обеспечивает функцию накопления, регистрации и хранения информации в хронологическом порядке с возможностью последующего просмотра и вывода на печать:

- данных о ходе технологического процесса;
- действий оператора;
- информации о срабатывании предупредительной и аварийной сигнализации;
- аварийных сигналов диагностики.

Система организуется в виде функционально и территориально распределенной 2-уровневой иерархической структуры.

В состав аппаратных средств верхнего уровня Системы входят:

- операторские станции;
- инженерная станция;
- интеграционная станция;
- инженерная станция КИПиА;
- принтеры;
- коммутаторы системы связи.

Технические средства нижнего уровня строятся на базе контроллеров с модулями ввода-вывода системы DeltaV.

В состав основных программных средств верхнего уровня входит общесистемное, инструментальное и прикладное программное обеспечение.

Операторские станции функционируют в среде Microsoft Windows 7 Professional (RUS).

На операторских станциях реализованы следующие функции:

- опрос контроллеров;
- графическое, многооконное отображение информации о состоянии объекта управления;
- визуальная и звуковая сигнализация о нарушениях технологического процесса, аварийных и предаварийных ситуациях;
- формирование трендов реального времени;
- отображение исторических данных по аналоговым и дискретным параметрам;
- формирование и отображение журнала аварийных сообщений как по запросу оператора, так и в режиме реального времени;
- отображение журнала действий оператора;
- дистанционное управление регуляторами и исполнительными механизмами;
- настройку коэффициентов регуляторов, параметров работы исполнительных механизмов;

- отображение и печать режимных листов и отчетных документов;
- обеспечение развитой системы безопасности.

По функциональным признакам АСУТП БК-3 состоит из двух независимых подсистем:

- распределенной системы управления технологическими процессами (PCY);
- системы противоаварийной защиты (ПАЗ).

В свою очередь каждая из подсистем имеет в своем составе два уровня управления.

Нижний уровень – уровень полевого оборудования.

Средний уровень - уровень автоматического контроля и управления, реализованный на базе технических средств системы DeltaV фирмы Emerson Process Management (США).

Верхний уровень - уровень оперативно-производственной службы, реализованный на базе инженерной, интеграционной и операторских станций.

Система PCY предназначена для выполнения функций автоматизированного контроля и управления в реальном масштабе времени технологическими процессами.

Система ПАЗ предназначена для выполнения функций противоаварийной защиты.

#### 4.2 Функции PCY:

Нижний уровень:

- обеспечение сбора и передачи информации от полевого оборудования на средний уровень;
- выполнение управляющих воздействий на исполнительные механизмы по командам от вышестоящих уровней.

Средний уровень:

- автоматизированный сбор и первичную обработку технологической информации, определение значений параметров по измеренным сигналам;

- автоматическую обработку информации, вычисление усредненных, интегральных и удельных показателей;
- управление технологическими режимами в реальном масштабе времени;
- предупредительную и аварийную сигнализацию при выходе технологических показателей за установленные границы и при обнаружении неисправностей в работе оборудования АСУТП БК-3.
- самодиагностику, выдачу сообщений по отказам и предотвращение их последствий.

Верхний уровень:

- представление технологической и системной информации.
- накопление, регистрацию и хранение поступающей информации;
- автоматическое составление отчетов и рабочих (режимных) листов за определенные периоды времени;
- получение данных и регистрацию срабатывания подсистемы ПАЗ, а также контроль ее работоспособности;
- автоматизированную передачу данных в АСУТП БК-3 и защиту собственных баз данных и программного обеспечения от несанкционированного доступа;
- защиту собственных баз данных и программного обеспечения от разрушения при аварийных ситуациях;
- передача технологической информации в общезаводскую сеть.

4.3 Функции ПАЗ:

Нижний уровень:

- обеспечение сбора и передачи информации от полевого оборудования на средний уровень;
- выполнение управляющих воздействий на исполнительные механизмы по командам от вышестоящих уровней.

Средний уровень:

- автоматизированный сбор и первичную обработку технологической информации, предотвращение аварийных ситуаций;

- автоматическую логическую обработку информации;
- автоматическую выдачу сигналов управления исполнительными механизмами и технологическим оборудованием;
- передачу оперативной информации в подсистему РСУ;
- самодиагностику технических средств ПАЗ.

Верхний уровень:

- обеспечение безопасности технологического процесса с целью защиты персонала, материальных ценностей и окружающей среды;
- защиту собственных баз данных и программного обеспечения от несанкционированного доступа;
- защиту собственных баз данных и программного обеспечения от разрушения при аварийных ситуациях.

## **5 Разработка системы управления установкой**

Проектная оценка надежности автоматизированной системы управления технологическими процессами установки выделения ИИФ производства ИИФ и изобутилена предназначена для:

- анализа соответствия разрабатываемой системы требованиям по надежности, предъявляемым к системам автоматизированного управления взрывопожароопасных производств;

- оценки надежности основных составляющих АСУТП и выявлении наиболее уязвимых с точки зрения надежности ее звеньев или частей;

- разработки мероприятий по обеспечению надежности АСУТП.

В соответствии с ГОСТ 24.701-86 «Надежность автоматизированных систем управления» оценка надежности производится по следующим показателям: интенсивность отказов, наработка на отказ, коэффициент готовности.

Объектами автоматизации установки дегидрирования изобутана являются:

- наружная установка;
- компрессорное отделение;
- помещение маслохозяйства.

Расчет по указанным показателям производится для средств вычислительной техники Системы, состоящей из подсистем РСУ и ПАЗ, на базе DeltaV фирмы Emerson Process Management (США).

Расчет надежности выполняется для Системы, состоящей из операторских станций, контроллеров с модулями ввода/вывода, блоков питания, реле, барьеров искрозащиты, цепей питания и каналов связи.

Система является многофункциональной, восстанавливаемой непрерывного действия. В предусмотренных регламентом эксплуатации Системы случаях допустимы остановки.

Под отказами подразумеваются следующие состояния системы для различных реализуемых функций:

- для информационной функции: прекращение сбора, обработки, передачи, представления информации, выход погрешности измерения параметров за допустимые пределы, искажение информации;

- для функции управления: прекращение формирования или передачи команд управления, выдача ложных команд;

- для функции защиты: отсутствие любой команды управления, формируемой системой при наличии аварийной ситуации на объекте управления, либо выдача любой команды управления при отсутствии аварийной ситуации на объекте.

Обозначение	Наименование блока / элемента	Наработка на отказ (MTBF), час	Интенсивность отказов $1 \text{ fit}=10^{-9} \text{ час}^{-1}$	Коэффициент готовности $K_z$
ОС	Операторская станция	97087	10300	0,999959
HUB	OpenRail-MICE: 4слота для модулей расширения, до 24 портов (с MB-2T), слот для MB-2T	701262	1426	0,999994
PS-12DC/15	Источник питания QUINT-PS/1AC/12DC/15	500000	2000	0,999992
PS-24DC/20	Источник питания QUINT-PS/1AC/24DC/20	500000	2000	0,999992
DIODE	Развязывающий диод QUINT-DIODE/12-24DC/2X20/1X40	3333333	300	0,999999
БП	Системный блок питания 12/24 Vdc	602773	1659	0,999993
MD	Контроллер MD+	302206	3309	0,999987
AI	Плата аналогового ввода: 16-канальная 4-20 mA, HART, клеммный блок	420521	2378	0,999990
AO	Плата аналогового вывода: 8-канальная 4-20 mA, HART, клеммный блок	230362	4341	0,999983
DI	Плата дискретного ввода: 32-канальная, 24Vdc, сухой контакт, клеммный блок	268025	3731	0,999985
DO	Плата дискретного вывода: 32-канальная, потенциальный контакт 24Vdc, клеммный блок	144530	6919	0,999972
REL-60DC/21AU	Реле Phoenix Contact REL-MR-60DC/21AU	2500000	400	0,999998
PLC-24DC/21AU	Реле Phoenix Contact PLC-RSC-24DC/21AU	2500000	400	0,999998
PLC-24DC/21	Реле Phoenix Contact PLC-RSC-24DC/21	2500000	400	0,999998
MTL4544S	Повторитель источника питания, двухканальный, пассивный выход	1730104	578	0,999998

Рисунок 1- Показатели надежности элементов комплекса технических средств РСУ

Обозначение	Наименование блока / элемента	Наработка на отказ (MTBF), час	Интенсивность отказов $1 \text{ fit}=10^{-9} \text{ час}^{-1}$	Коэффициент готовности $K_2$
PS-12DC/15	Источник питания QUINT-PS/1AC/12DC/15	500000	2000	0,999992
PS-24DC/20	Источник питания QUINT-PS/1AC/24DC/20	500000	2000	0,999992
DIODE	Развязывающий диод QUINT-DIODE/12-24DC/2X20/1X40	3333333	300	0,999999
БП	Системный блок питания 12/24 Vdc	602773	1659	0,999993
MD	Контроллер MD+	302206	3309	0,999987
SLS1508	Контроллер системы ПАЗ DeltaV SIS, Safety Logic Solver (логический вычислитель) SLS1508, 16 универсальных каналов ввода-вывода произвольно конфигурируемых как AI/DI/DO, полностью автономен от системы управления DeltaV, сертифицирован до SIL3	866551	1154	0,999995
REL-60DC/21AU	Реле Phoenix Contact REL-MR-60DC/21AU	2500000	400	0,999998
PLC-24DC/21AU	Реле Phoenix Contact PLC-RSC-24DC/21AU	2500000	400	0,999998
PLC-24DC/21	Реле Phoenix Contact PLC-RSC-24DC/21	2500000	400	0,999998
MTL4544S	Повторитель источника питания, двухканальный, пассивный выход	1730104	578	0,999998
MTL4516C	Интерфейсный модуль датчика контактного типа/датчика положения, 2-х канальный, с опцией обнаружения повреждения линии	5347594	187	0,999999

Рисунок 2 - Показатели надежности элементов комплекса технических средств ПАЗ

### 5.1 Методика расчета.

Структурная схема надежности АСУ ТП представляет собой либо последовательные, либо параллельное соединение звеньев или элементов.

Последовательное соединение характеризует элементы, функционирующие без резерва. Параллельное соединение характеризует дублированные элементы, функционирующие в составе АСУ ТП в качестве аналогового элемента и постоянно нагруженного резерва.

Методика расчета производится для экспоненциального закона распределения отказов, дающего наиболее низкие показатели надежности по сравнению с другими законами распределения.

Указанная методика позволяет производить расчет надежности характеристик звена, представляющего собой композиционно последовательное или параллельное соединение звеньев. Надежные схемы последовательного и параллельного соединения представлены на рисунках 3-5

## 5.2 Типовые схемы надежности

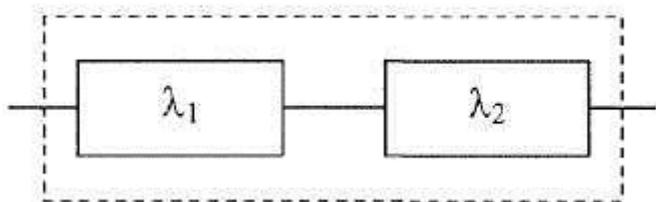


Рисунок 3 - Последовательное соединение

Интенсивность отказов:  $\lambda_{\text{пос}} = \lambda_1 + \lambda_2$  (5.1)

Наработка на отказ - T:  $T_{\text{пос}} = 1 / (\lambda_1 + \lambda_2)$  (5.2)

Вероятность безотказной работы в течение времени t:  
 $R_{\text{пос}} = R_1 * R_2 = e^{-\lambda_1 t} * e^{-\lambda_2 t}$  (5.3)

Коэффициент готовности - K:  $K_{\text{пос}} = K_1 * K_2$  (5.4)

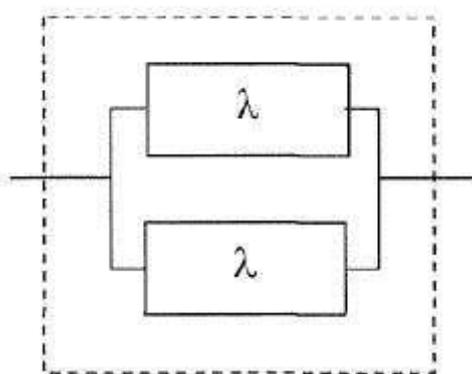


Рисунок 4 - Параллельное соединение (дублирование, нагруженный резерв)

Параллельное соединение элементов применяется в восстанавливаемых системах.

Все элементы имеют одинаковые показатели надежности.

Интенсивность отказов:  $\lambda_{\text{пар}} = 2\lambda^2 / (3\lambda + \mu)$  (5.5)

где  $\mu$  - интенсивность восстановления элемента.

Для каждого элемента рассматриваемой системы интенсивность отказов значительно меньше, чем интенсивность восстановления ( $\lambda \ll \mu$ ) поэтому интенсивность отказов для такого соединения можно принять равной:

$$\lambda_{\text{пар}} = 2\lambda^2/\mu \quad (5.6)$$

Наработка на отказ:  $T_{\text{пар}} = T^2/2T_B$  (5.7)

где  $T_B$  - время восстановления элемента.

Вероятность безотказной работы в течение времени  $t$ :

$$R_{\text{пар}} = 1 - (1 - R)^2 = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2 \quad (5.8)$$

Коэффициент готовности:  $K_{\text{пар}} = 1 - (1 - K)^2$  (5.9)

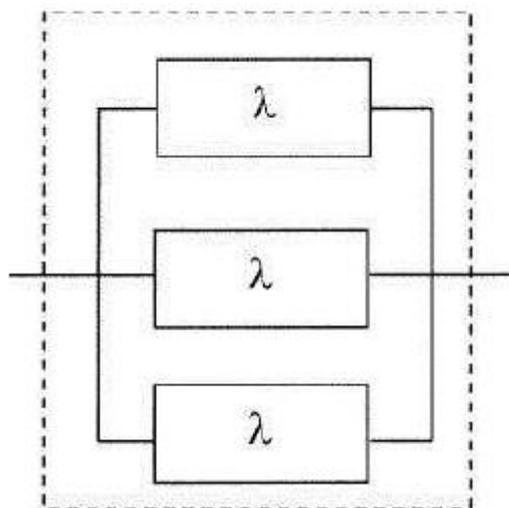


Рисунок 5 - Параллельное соединение (три нагруженных элемента)

Для восстанавливаемой системы:

$$\lambda_{\text{пар3}} = 6\lambda^3/(11\lambda^2 + 4\lambda + \mu^2) \quad (5.10)$$

где  $\mu$  - интенсивность восстановления элемента.

Используя сформулированное выше допущение ( $\lambda \ll \mu$ ), для расчетов применим формулу:

$$\lambda_{\text{парз}} = 6\lambda^3 / \mu^2 \quad (5.11)$$

Тогда наработка на отказ:  $T_{\text{парз}} = 6T^3 / T_{\text{в}}^2$  (5.12)

где  $T_{\text{в}}$  - время восстановления элемента. Вероятность безотказной работы в течение времени  $t$ :

$$R_{\text{парз}} = 1 - (1 - R)^3 = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^3 \quad (5.13)$$

Коэффициент готовности:  $K_{\text{парз}} = 1 - (1 - K)^3$  (5.14)

MTBF - средняя наработка на отказ элемента,

MTTF - средняя наработка до отказа,

MTTR - среднее время восстановления

$$MTBF = MTTF + MTTR,$$

$$\lambda = 1/MTBF, \mu = 1/MTTR \quad (5.15)$$

### 5.3 Структурная схема соединений элементов надежности

Для АСУ ТП установки выделения ИИФ производства ИИФ и изобутилена применяются следующие блок-схемы по информационной, управляющей функциям и функции защиты:

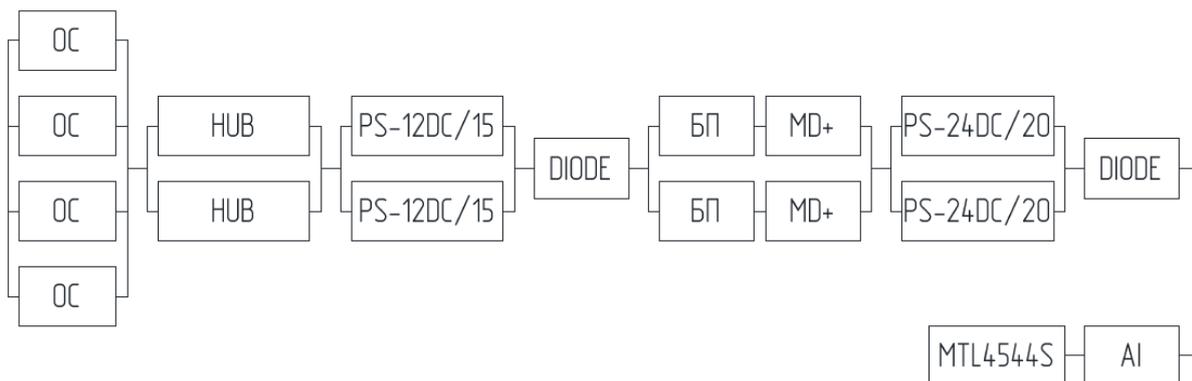


Рисунок 6 - Структурная схема соединений элементов надежности для информационной функции аналогового ввода

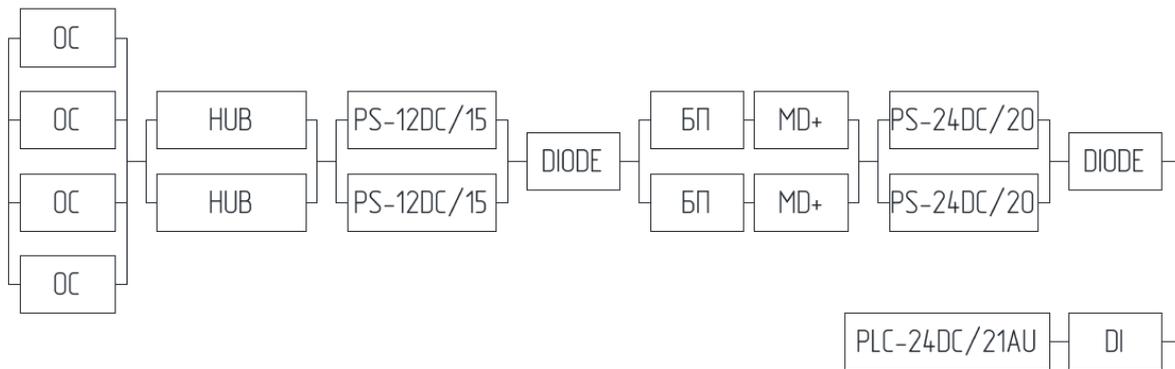


Рисунок 7 - Структурная схема соединений элементов надежности для информационной функции дискретного ввода

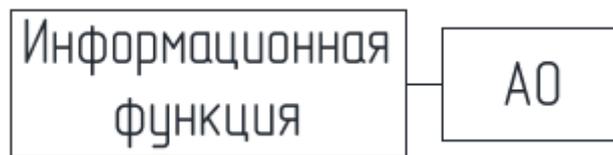


Рисунок 8 - Структурная схема соединений элементов надежности для управляющей функции аналогового вывода



Рисунок 9 - Структурная схема соединений элементов надежности для управляющей функции дискретного вывода

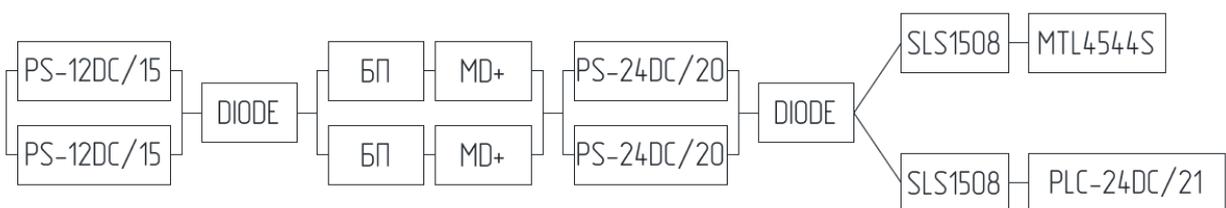


Рис. 10 - Структурная схема соединений элементов надежности функции защиты

#### 5.4 Расчет показателей надежности системы.

Надежность системы при реализации информационной функции для аналогового ввода.

В соответствии с рисунком 6 и методическими указаниями (раздел 3), получаем формулы расчетов интенсивности отказов и коэффициентов готовности для комплекса средств вычислительной техники:

Интенсивность отказов:

$$\lambda_{\text{инф\_ф(АI)}} = 12\lambda_{\text{OC}}^4/\mu^3 + 2\lambda_{\text{HUB}}^2/\mu + 2\lambda_{\text{PS-12DC/15}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + 2(\lambda_{\text{БП}} + \lambda_{\text{MD+}})^2/\mu + 2\lambda_{\text{PS-24DC/20}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + \lambda_{\text{AI}} + \lambda_{\text{MTL4544S}}$$

(5.16)

Подставляя значения интенсивности отказов элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$\lambda_{\text{инф\_ф(АI)}} = 3556 \text{ fit};$$

(5.17)

$$\text{Время наработки на отказ: } T_{\text{инф\_ф(АI)}} = 1/\lambda_{\text{инф\_ф(АI)}} = 281215 \text{ час}$$

(5.18)

Вероятность безотказной работы в течение года:

$$R_{\text{инф\_ф(АI)}} = 0,97$$

(5.19)

$$t = 24 * 365 = 8760 \text{ час}$$

(5.20)

Коэффициент готовности:

$$K_{\text{инф\_ф(АI)}} = [1-(1 - K_{\text{OC}})^4] * [1-(1 - K_{\text{HUB}})^2] * [1-(1-K_{\text{PS-12DC/15}})^2] * K_{\text{DIODE}} * [1-(1-K_{\text{БП}} * K_{\text{MD+}})^2] * [1-(1-K_{\text{PS-24DC/20}})^2] * K_{\text{DIODE}} * K_{\text{AI}} * K_{\text{MTL4544S}}$$

(5.21)

Подставляя значения коэффициентов готовности элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$K_{\text{инф\_ф(АI)}} = 0,99999.$$

(5.22)

Надежность системы при реализации информационной функции для дискретного ввода.

В соответствии с рисунком 7 и методическими указаниями, получаем формулы расчетов интенсивности отказов и коэффициентов готовности для комплекса средств вычислительной техники:

Интенсивность отказов:

$$\lambda_{\text{инф\_ф(DI)}} = 12\lambda_{\text{OC}}^4/\mu^3 + 2\lambda_{\text{HUB}}^2/\mu + 2\lambda_{\text{PS-12DC/15}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + 2(\lambda_{\text{БП}} + \lambda_{\text{MD+}})^2/\mu + 2\lambda_{\text{PS-24DC/20}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + \lambda_{\text{DI}} + \lambda_{\text{PLC-24DC/21AU}}$$

(5.23)

Подставляя значения интенсивности отказов элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$\lambda_{\text{инф\_ф(DI)}} = 4731 \text{ fit};$$

(5.24)

$$\text{Время наработки на отказ: } T_{\text{инф\_ф(DI)}} = 1/\lambda_{\text{инф\_ф(DI)}} = 211372 \text{ час}$$

(5.25)

Вероятность безотказной работы в течение года:

$$R_{\text{инф\_ф(DI)}} = 0,96$$

(5.26)

$$t = 24 * 365 = 8760 \text{ час}$$

(5.27)

Коэффициент готовности:

$$K_{\text{инф\_ф(DI)}} = [1 - (1 - K_{\text{OC}})^4] * [1 - (1 - K_{\text{HUB}})^2] * [1 - (1 - K_{\text{PS-12DC/15}})^2] * K_{\text{DIODE}} * [1 - (1 - K_{\text{БП}} * K_{\text{MD+}})^2] * [1 - (1 - K_{\text{PS-24DC/20}})^2] * K_{\text{DIODE}} * K_{\text{DI}} * K_{\text{PLC-24DC/21AU}}$$

(5.28)

Подставляя значения коэффициентов готовности элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$K_{\text{инф\_ф(DI)}} = 0,99998.$$

(5.29)

Надежность системы при реализации управляющей функции для аналогового вывода.

В соответствии с рисунком 8 и методическими указаниями (раздел 3), получаем формулы расчетов интенсивности отказов и коэффициентов готовности для комплекса средств вычислительной техники:

Интенсивность отказов:

$$\lambda_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = \lambda_{\text{INPUT\_MAX}} + \lambda_{\text{АО}} \quad (5.30)$$

Подставляя значения интенсивности отказов элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$\lambda_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = 9072 \text{ fit}; \quad (5.31)$$

$$\text{Время наработки на отказ: } T_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = 1/\lambda_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = 110229 \text{ час} \quad (5.32)$$

Вероятность безотказной работы в течение года:

$$R_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = 0,93 \quad (5.33)$$

$$t = 24 * 365 = 8760 \text{ час} \quad (5.34)$$

Коэффициент готовности:

$$K_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = K_{\text{INPUT\_MAX}} * K_{\text{АО}} \quad (5.35)$$

Подставляя значения коэффициентов готовности элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$K_{\text{упр}_\phi(\text{АО})} = 0,99996. \quad (5.36)$$

Надежность системы при реализации управляющей функции для дискретного вывода.

В соответствии с рисунком 9 и методическими указаниями, получаем формулы расчетов интенсивности отказов и коэффициентов готовности для комплекса средств вычислительной техники:

Интенсивность отказов:

$$\lambda_{\text{упр\_ф(DO)}} = \lambda_{\text{INPUT\_MAX}} + \lambda_{\text{DO}} + \lambda_{\text{PLC-24DC/21}} \quad (5.37)$$

Подставляя значения интенсивности отказов элементов подсистемы, приведенных на рисунке 1, получаем:

$$\lambda_{\text{упр\_ф(DO)}} = 12050 \text{ fit}; \quad (5.38)$$

$$\text{Время наработки на отказ: } T_{\text{упр\_ф(DO)}} = 1/\lambda_{\text{упр\_ф(DO)}} = 82988 \text{ час} \quad (5.39)$$

Вероятность безотказной работы в течение года:

$$R_{\text{упр\_ф(DO)}} = 0,90 \quad (5.40)$$

$$t = 24 * 365 = 8760 \text{ час} \quad (5.41)$$

Коэффициент готовности:

Надежность системы при реализации функции защиты.

В соответствии с рисунком 10 и методическими указаниями, получаем формулы расчетов интенсивности отказов и коэффициентов готовности для комплекса средств вычислительной техники:

Интенсивность отказов:

$$\lambda_{\text{защ\_ф}} = 2\lambda_{\text{PS-12DC/15}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + 2(\lambda_{\text{БП}} + \lambda_{\text{MD+}})^2/\mu + 2\lambda_{\text{PS-24DC/20}}^2/\mu + \lambda_{\text{DIODE}} + 2\lambda_{\text{SLS1508}} + \lambda_{\text{MTL4544S}} + \lambda_{\text{PLC-24DC/21}} \quad (5.42)$$

Подставляя значения интенсивности отказов элементов подсистемы, приведенных на рисунке 2, получаем:

$$\lambda_{\text{защ\_ф}} = 3886 \text{ fit}; \quad (5.43)$$

$$\text{Время наработки на отказ: } T_{\text{защ\_ф}} = 1/\lambda_{\text{защ\_ф}} = 257334 \text{ час} \quad (5.44)$$

Вероятность безотказной работы в течение года:

$$R_{\text{защ}_\phi} = 0,97 \quad (5.45)$$

$$t = 24 * 365 = 8760 \text{ час} \quad (5.46)$$

Коэффициент готовности:

$$K_{\text{защ}_\phi} = [1 - (1 - K_{\text{PS-12DC/15}})^2] * K_{\text{DIODE}} * [1 - (1 - K_{\text{БП}} * K_{\text{MD+}})^2] * [1 - (1 - K_{\text{PS-24DC/20}})^2] * K_{\text{SLS15082}} * K_{\text{MTL4544S}} * K_{\text{PLC-24DC/21}} \quad (5.47)$$

Подставляя значения коэффициентов готовности элементов подсистемы, приведенных на рисунке 2, получаем:

$$K_{\text{защ}_\phi} = 0,99998. \quad (5.48)$$

Функциональный блок Аналогового входа (LSAI) ИСБ

Функциональный блок LSAI принимает значение и статус одного аналогового измерения от канала ввода/вывода. Значение входа, это сигнал датчика от 4 до 20 мА. Блок поддерживает линеаризацию, масштабирование сигнала, фильтрацию сигнала, распространение статуса сигнала, и имитацию.

## 6 Разработка человека машинного интерфейса

### 6.1 Понятие человеко-машинного интерфейса

Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) (англ. Human-machine interface, HMI) — широкое понятие, охватывающее инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие человека-оператора с управляемыми им машинами.

Человеко-машинный интерфейс является областью систем автоматизации, которая получила большое развитие за последние несколько лет.

При правильном выборе интерфейса и его конфигурации пользователи могут контролировать технологические процессы с большей точностью и проводить диагностику и профилактическое обслуживание, добиваясь повышения готовности оборудования и производительности труда за счет сокращения времени простоев.

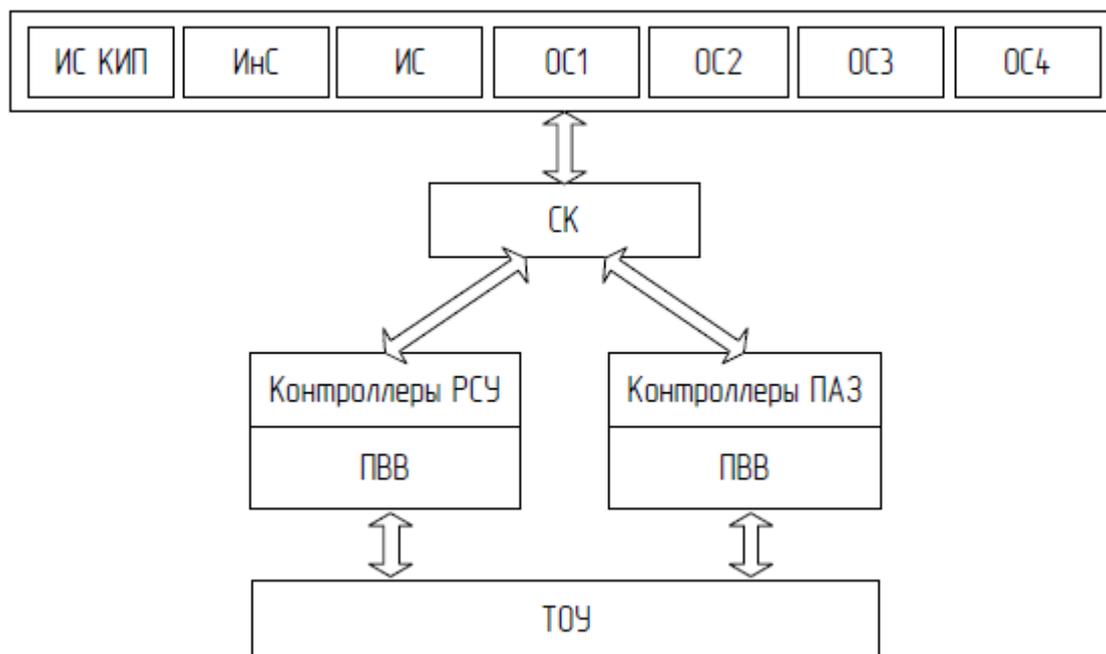


Рисунок 11 - Информационная модель объекта управления, системы управления

ОС - операторская станция;

ИС - инженерная станция;

ИС КИП - станция инженера КИП;

ИнС – интеграционная станция;

СК – сетевой коммутатор;

Контроллер - программируемый логический контроллер;

ПВВ - подсистема ввода/вывода;

ТОУ - технологический объект управления.

## 6.2 Роль оператора

Диалоговый интерфейс включает в себя все функции, необходимые для контроля за работой машины или установки.

В зависимости от требований оператор может выполнять:

Регулярные задачи по управлению процессом

- остановить и запустить работу установки; возможны разные требования к процессу пуска и остановки, которые могут быть выполнены в автоматическом, ручном или полуавтоматическом режимах;
- осуществлять контроль и вносить коррективы, необходимые для регулярного процесса работы системы.

Задачи для решения непредвиденных ситуаций

- выявление аномальных ситуаций и выполнение корректирующих мер по исправлению ситуации до того, как будет нарушен процесс работы (например, для раннего предупреждения о перегрузках двигателя, восстановления нормальной работы до отключения реле перегрузки);
- корректный выход из состояния неисправности в системе, обеспечение остановки производства или переход в безопасный режим работы, ручное управления вместо автоматического для того, чтобы сохранить производство в рабочем состоянии;
- обеспечение безопасности людей и имущества при помощи защитных устройств в случае необходимости.

Масштаб этих задач показывает, насколько важна роль оператора. В зависимости от имеющейся у оператора информации он может принять решения и осуществить действия, выходящие за рамки обычной работы и непосредственно влияющие на безопасность и поддержание надежной работы установки. Это значит, что диалоговая система не должна быть ограничена лишь обменом информацией между человеком и машиной, а должна быть разработана с учетом

упрощения работы оператора и обеспечения безопасности системы при любых обстоятельствах

### 6.3 Описание операций.

Обзор пользовательского интерфейса.

Система сконфигурирована таким образом, что при включении операторской станции происходит процесс автоматической загрузки интерфейса оператора. После загрузки на экране появляется рабочий стол Среды Оператора

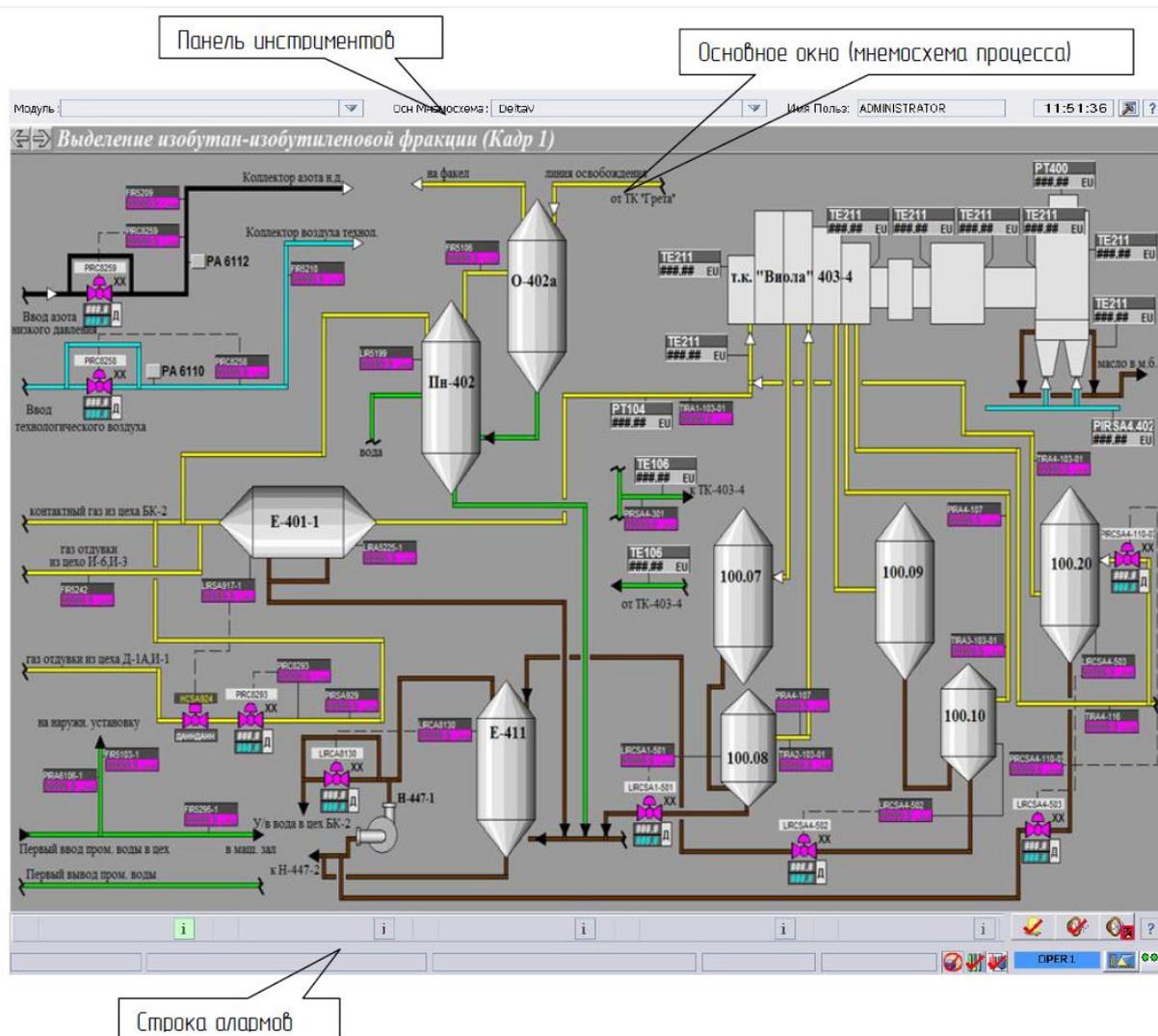


Рисунок 12 - рабочий стол Среды Оператора

Рабочий стол Среды Оператора состоит из 3-х областей:

- панель инструментов в верхней части экрана, содержит информационные элементы и кнопки с пиктограммами для вызова вспомогательных программ и экранов;

- основное окно в средней части экрана, является основной рабочей областью, в нём отображается мнемосхема процесса;
- строка алармов в нижней части экрана, содержит сообщения об аварийных ситуациях и предоставляет возможность быстрого перехода на мнемосхему, содержащую аварийные параметры и вызов панели аварийного параметра.

### Основное окно

На рисунке 13 представлено основное окно, на котором отображен пример мнемосхемы процесса.

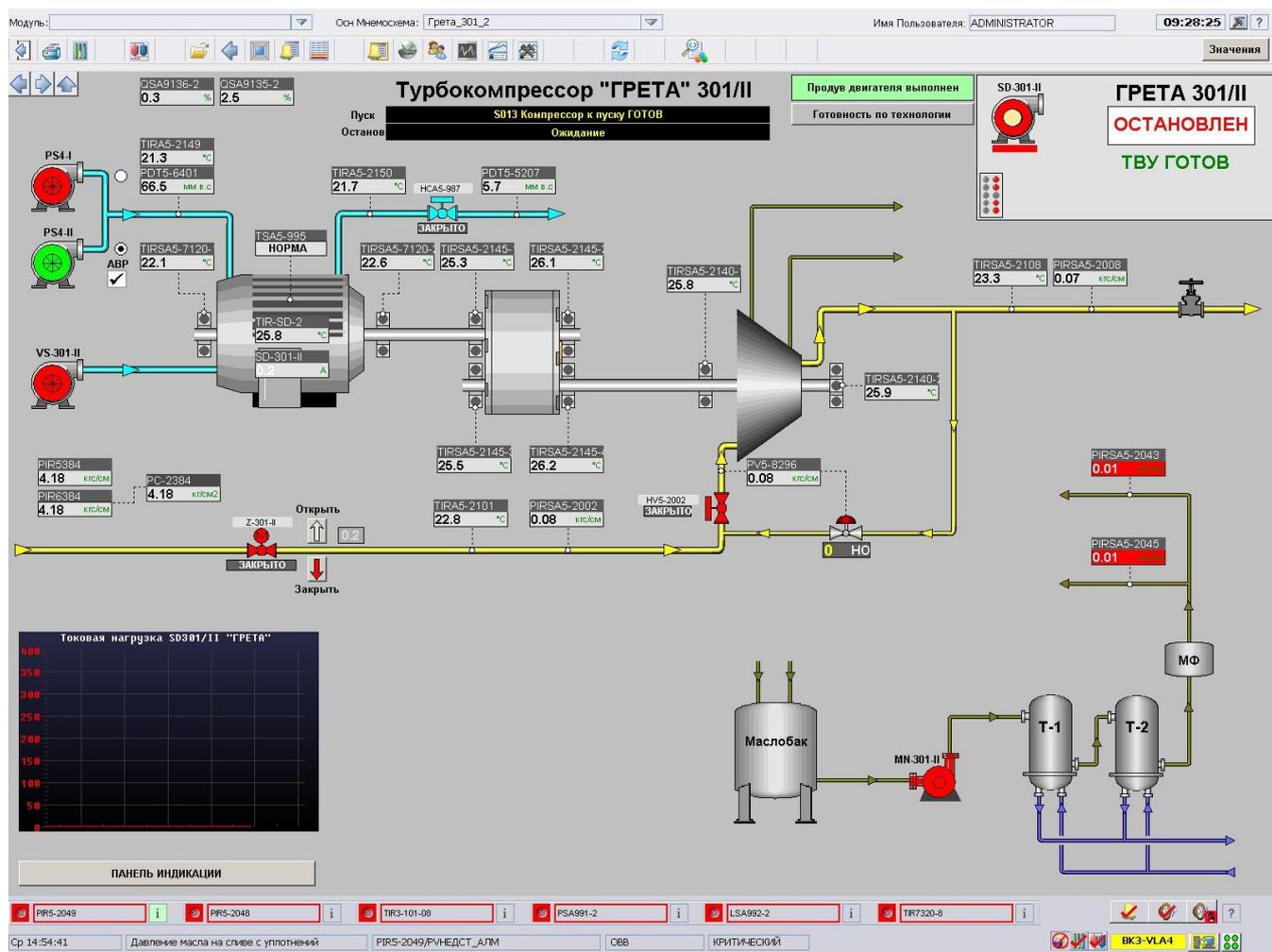


Рисунок 13 -основное окно мнемосхемы процесса

### Панель инструментов

Панель инструментов всегда присутствует на экране. В зависимости от прав зарегистрированного пользователя количество и расположение пиктограмм (кнопок) на панели может изменяться. На рисунке 14 представлен пример панели

инструментов с полным набором пиктограмм, для пользователя «ADMINISTRATOR».



Рисунок 14 -панель инструментов

### Строка алармов

Строка алармов располагается в нижней части экрана интерфейса оператора (рисунок 12). Она содержит кнопки для десяти наиболее важных алармов, имеющихся на данной рабочей станции для текущего пользователя системы. Приоритет аларма, совместно со статусом и состоянием аларма, определяют важность аларма для оператора. На кнопке отображается имя модуля управления, в котором возник данный аларм.

В строке алармов рядом с каждой кнопкой аларма имеется также кнопка расширенной информации об аларме. При нажатии на кнопку расширенной информации об аларме, в нижней части строки алармов выводится информация по данному аларму: метка времени, описание параметра, поле параметра, вызвавшего аларм (условие, по которому возникает аларм. Например, обрыв связи с датчиком, превышение предупредительной/аварийной границы и т.п.). При нажатии на одну из кнопок строки алармов, интерфейс оператора отображает мнемосхему процесса, на которой располагается параметр, вызвавший этот аларм.

### Приоритеты алармов

В системе существует 4 приоритета алармов. Каждому приоритету присвоен собственный номер, цвет и звуковой сигнал. Приоритет указывает оператору на важность аларма. Ниже приведены типы приоритетов алармов по степени их возрастания.

- СОБ - событие. Аларм с данным приоритетом не отображается на станции. Этот приоритет необходим только для диагностики и используется, как правило, для записи в журнал различных действий системы и служебной информации, не влияющих на технологический процесс.

- ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬН - предупредительный аларм. Используется для предупредительных алармов. Например, сигнализация нижней/верхней предупредительной границы аналогового параметра. Цвет - желтый.
- ОБОРУДОВАНИЕ - аларм оборудования. Используется для сигнализации ошибок связи с датчиками. Например, обрыв связи с датчиком давления или недостоверность показаний датчика. Цвет - фиолетовый.
- КРИТИЧЕСКИЙ - критический аларм. Используется для сигнализации критических алармов. Например, критическое давление газа или срабатывание дискретного датчика. Цвет - красный.

В системе алармы имеют два возможных состояния:

- подтвержденный;
  - неподтвержденный.
- В системе алармы имеют два возможных статуса:
- активный - условие, вызвавшее аларм, не устранено;
  - неактивный - условие, вызвавшее аларм, устранено (снято).

На рисунке 15 представлен пример строки алармов.



Рисунок 15 -строка алармов

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, были решены все поставленные задачи.

В процессе анализа и описания технологических процессов было выявлено:

- каждый турбокомпрессор имеет свой конденсатор. Схемой предусмотрена возможность работы каждого турбокомпрессора с любым конденсатором;
- системой защиты турбокомпрессоров «Грета» предусмотрена сигнализация и блокировка параметров.

Хотелось бы отметить, что схемой предусмотрена звуковая и световая сигнализация, которая срабатывает при отклонении технологических параметров (расхода, давления, уровня, температуры в аппаратах) от установленных пределов.

При описании и анализе оборудования и средств автоматизации были выделена и рекомендована следующая система:

Рабочая станция с ПО «Профессиональный Плюс» содержащую центральную конфигурационную базу данных и служащая для формирования БД, и ее загрузки в остальные узлы системы DeltaV, которые определяют следующие преимущества:

- автоматизированный сбор и первичная обработка технологической информации, определение значений параметров по измеренным сигналам;
- система обладает полным набором логических функций. Срабатывание защит сопровождается звуковой сигнализацией с выдачей детальной информации на экран сигнализаций;
- в системе предусмотрена возможность отключения защит для обеспечения пуска, останова и т.д. Срабатывания блокировок регистрируются в системе с выводом последовательности событий на печать.

Для разработанной системы управления установки по охлаждению пропана созданный человека машинный интерфейс предоставляет следующие возможности:

- останавливать и запускать работу установки; возможны разные требования к процессу пуска и останова, которые могут быть выполнены в автоматическом, ручном или полуавтоматическом режимах;

- осуществлять контроль и вносить коррективы, необходимые для регулярного процесса работы системы.

Предложенная система автоматизации отвечает требованиям современного динамического, информационно технологического процесса, реализованного в DeltaV фирмы Emerson Process Management, который имеет динамично развивающиеся перспективы, повышение эффективности технологических процессов.

Проделанная работа в данном пакете DeltaV фирмы Emerson Process Management имеет перспективы развития особенно в вопросах предназначенных для реализации функций по контролю и управлению технологическим процессом.

## Список литературы

1. Лыков, Анатолий Николаевич Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем учебное пособие: в двух частях/А. Н. Лыков, Р. В. Катаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образов Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2017

2. Пантелеев, Владимир Николаевич Основы автоматизации производства: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы начального профессионального образования/В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин Москва: Академия, 2017

3. Ильюшин, Юрий Валерьевич, сост. Управление технологическими процессами: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов магистратуры направления 27.04.04/Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный ун-т, 2017

4. Васильева, Н. Г. Разработка и оформление функциональных схем автоматизации: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» по курсу Автоматизация техно Кумертау: Респ. Башкортостан, 2016

5. Гаврилов, Александр Николаевич - Теория автоматического управления технологическими объектами (линейные системы): учебное пособие/А. Н. Гаврилов, Ю. П. Барметов, А. А. Хвостов; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий" Воронеж: ФГБОУ ВО "ВГУИТ", 2016

6. Попов, Валерий Павлович Человеко-машинный интерфейс: учебно-методическое пособие/В. П. Попов, Н. В. Соловьев; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. автономное образовательное учреждение высш. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического прибор Санкт-Петербург: ГУАП, 2016

7. Щербаков, Михаил Александрович, Ред. Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник статей Международной научно-технической конференции, г. Пенза, 23-25 апреля 2013 г./Пензенский гос. ун-т [и др.]; [под ред. М. А. Щербакова] Пенза: Изд-во ПГУ, 2013

8. Сольнищев, Ремир Иосифович Внедрение систем автоматизации проектирования: учебное пособие/Р. И. Сольнищев, Л. И. Гришанова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего проф. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т аэрокосмического прибор Санкт-Петербург: ГУАП, 2014

9. Казаринова, Вера Львовна Управление технологическими процессами средствами программно-технического комплекса DeltaV учебное пособие/В. Л. Казаринова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автоматика и упр." Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009

10. Любарский, Дмитрий Романович Программно-технические средства противоаварийного управления локального уровня/Д. Р. Любарский; под ред. М. Ш. Мисриханова Москва: Энергоатомиздат, 2005

11. Мятееж, Сергей Владимирович Промышленные контроллеры: учебное пособие/С. В. Мятееж; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет, [Факультет механики и автоматизации] Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016

12. Алексеев, Владимир Васильевич Основы программирования логических контроллеров: учебное пособие/В. В. Алексеев, В. С.

Коновалова; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский гос. электротехнический ун-т "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина) Санкт-Петербург: ЛЭТИ, 2016

13. Елизаров, Игорь Александрович Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств"/И. А. Елизаров [и др.] Тамбов: ТГТУ, 2015

14. Кавалеров, Максим Владимирович Компьютерные технологии управления в технических системах: учебное пособие/М. В. Кавалеров; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Пермский нац. исслед. политехнический университет Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2015

15. Магергут, Валерий Залманович Автоматизированные системы управления (оптимизационные задачи и SCADA-системы): лабораторный практикум: учебное пособие по дисциплине "Техническое и программное обеспечение информационных систем в промышленности" для студентов направления бакалавриата 230400 Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014

16. Волков, Андрей Анатольевич Расчет систем электроосвещения с применением систем автоматизированного проектирования: методические указания по дисциплине "Программные средства автоматизации" для студентов бакалавриата. Москва: МГСУ, 2015

17. Мезин, Сергей Витальевич Разработка АСУ на базе среды программирования Codesys и Scada-системы Trace mode с организацией передачи данных посредством OPC-сервера: С. В. Мезин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исследовательский ун-т "МЭИ" Москва: Изд-во МЭИ, 2015

18. An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies

Dennis Y.C. Leunga, Giorgio Caramannab, M. Mercedes Maroto-Valerb

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114005450>

19. V. Gurevich "Electronic Devices on Discrete Components for Industrial and Power Engineering", CRC Press, New York, 2008

20. Visualization of Control Structure in Human-Automation System Based on Cognitive Work Analysis, 2016 Yukio Horiguchi, Catherine M. Burns, Hiroaki Nakanishi, Tetsuo Sawaragi

21. "Introduction to Industrial Control Networks". IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2012.  
<http://www.rfidblog.org.uk/Preprint-GallowayHancke-IndustrialControlSurvey.pdf>

22. Mechatronics, robotics and components for automation and control IFAC CC milestone report. 2016 A. Ollero, S. Boverie, R. Goodall.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016371920>