

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Кафедра систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация системы антипомпажного управления для компрессора отпарного газа УДК 622.279.5.05:621.51:681.586:004.384

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т22	Масалов Алексей Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер КИПиА	Контуров Сергей Валерьевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Данков Артем Георгиевич	Кандидат исторических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Егор Сергеевич	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Систем управления и мехатроники	Губин Владимир Евгеньевич	Кандидат технических наук, доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
ОПК-1	Уметь использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК-2	Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК-3	Уметь использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК-4	Обладать способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения.
ОПК-5	Обладать способностью участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК-1	Участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК-3	Применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК-6	Проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК-7	Участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем;
ПК-8	Выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК-15	Способностью выбирать технологии, инструментальные средства и средства вычислительной техники при организации процессов проектирования, изготовления, контроля и испытаний продукции; средства и системы автоматизации и контроля, диагностики, испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Губин В.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т22	Масалову Алексею Михайловичу

Тема работы:

Модернизация системы антипомпажного управления для компрессора отпарного газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2751/с от 18.04.2017г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объект исследования – компрессорная установка отпарного газа. Предназначена для снабжения топливным газом. Непрерывный/периодический режим работы. Максимальная производительность 23000 м³/ч. Вид сырья – природный газ.</i></p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Описание технологического процесса</i> ➤ <i>Архитектура АС, структурная схема АС</i> ➤ <i>Функциональная схема автоматизации</i> ➤ <i>Выбор средств реализации АС</i> ➤ <i>Разработка алгоритмов управления</i> ➤ <i>Резервирование и надежность</i> ➤ <i>Программирование ПЛК и экранные формы</i> ➤ <i>Разработка схемы соединения внешних проводов</i>

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Структурная схема системы управления КУ (ФЮРА.425280.001.С2.01). ➤ Упрощенная схема автоматизации КУ (ФЮРА.425280.001.С3.01). ➤ Функциональная схема автоматизации КУ (ФЮРА.425280.001.С3.001-2). ➤ Алгоритмы управления и обработки данных (ФЮРА.425280.001.ПБ.01-02). ➤ Дерево экранных форм (ФЮРА.425280.001.ПБ.03). ➤ Схема внешних проводок (ФЮРА.425280.001.С4.01).
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Данков Артем Георгиевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Невский Егор Сергеевич</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>12.12.2016г.</p>
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер КИПиА	Контуров Сергей Валерьевич	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т22	Масалов Алексей Михайлович		

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств"
Уровень образования бакалавриат
Кафедра систем управления и мехатроники
Период выполнения: весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврской работы, дипломной работы, магистерской диссертации)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.05.2017г.	Основная часть	60
19.05.2017г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
22.05.2017г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Семенов Николай Михайлович			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Систем управления и мехатроники	Губин Владимир Евгеньевич	Кандидат технических наук, доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 137 страниц, 49 рисунков, 16 таблиц, 18 источников и 17 приложений.

Объектом исследования является антипомпажная система управления компрессора отпарного газа.

Цель работы – модернизация системы управления компрессорной установки для более гибкого регулирования и повышения надежности системы.

В данной работе рассмотрен технологический процесс, в котором участвует КУ, ее режимы работы, явление помпажа компрессора, описаны необходимые контуры регулирования, составлены структурные и функциональные схемы автоматизации, разработаны алгоритмы обработки данных и управления, составлена математическая модель одного из контуров.

Применение современных средств автоматизации с цифровыми протоколами связи.

Ключевые слова: компрессор отпарного газа, помпаж, распределенная система управления, антипомпажная система управления, контур регулирования, программируемый логический контроллер, SCADA, сжижение природного газа.

Глоссарий

Термин	Определение
Автоматизированная система (АС)	Автоматизированная система это - комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.
Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)	Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой
Интерфейс оператора	Интерфейс оператора – это совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой
Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet)	Протокол – это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов)
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС
SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных
ФЮРА. 425280	ФЮРА это – код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 это – код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначный классификационной характеристикой ОКП этот код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом)
ОРС-сервер	ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС
Объект управления	Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления

Программируемый логический контроллер (ПЛК)	Программируемый логический контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьёзного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы
Распределенная система управления (РСУ)	Распределенная система управления – система управления технологическим процессом, характеризующаяся построением распределённой системы ввода вывода и децентрализацией обработки данных
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)	Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершенный продукт
Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор	Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор – устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Краткая характеристика
PLC (Programmable Logic Controllers)	Программируемые логические контроллеры (ПЛК).
HMI (Human Machine Interface)	Человеко-машинный интерфейс
ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America)	Американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей
АРМ	Автоматизированное рабочее место
КИПиА	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
САР	Система автоматического регулирования
ПАЗ	Противоаварийная автоматическая защита
ПО	Программное обеспечение
СПГ	Сжиженный природный газ
ВНА	Входной направляющий аппарат
КУ	Компрессорная установка
ТОН	Терминал отгрузки нефти
PRM (Plant Resource Management)	Программа централизованной диагностики и управления интеллектуальными полевыми устройствами
CCTV (Closed Circuit Television System)	Внутренняя кабельная телевизионная система
DCS (Distributed Control System)	Система распределенного управления
FAR (Field Auxiliary Room)	Местное помещение управления
FCS (Field Control Station)	Местная (полевая) станция управления
FGS, F&G (Fire, Gas and Smoke Detection System)	Система обнаружения и сигнализации пожара газа и задымления
HIS (Human Interface Station)	Рабочая станция оператора
IPR (Interposing Relay Cabinet)	Шкаф промежуточных реле
IPS (Instrument Protective System)	Противоаварийная защита КИПиА
LAN (Local Area Network)	Локальная сеть
LCC	Консоль
LCD (Local Control DCS)	Системный шкаф РСУ
LCF (Local Control F&G)	Системный шкаф F&G
LCI (Local Control IPS)	Системный шкаф ПАЗ

LCM (Local Control MDF)	Кроссовый системный шкаф
LCS (Local Control Subsystem)	Системный шкаф для подсистем
MCR (Main Control Room)	Главная комната управления ГЩУ
RDAS (Rotating Data Acquisition System)	Система контроля и сбора данных вращающегося оборудования
V-Net	Внутренняя сеть РСУ
FCU (Field Control Unit)	Полевой блок управления
NIU (Node Interface Unit)	Распределительный блок (узел) связи с полевыми устройствами
ESB (Extended Serial Bus)	Расширенная последовательная шина
VSDS (Variable-Speed Drive System)	Система управления вращением двигателя
FBD (Function Block Diagram)	Диаграмма функциональных блоков
SEBOL (Sequence and Batch-Oriented Language)	Язык обработки последовательностей и пакетных операций

Оглавление

Введение	14
1 Техническое задание	16
1.1 Основные задачи и цели модернизации АСУ ТП	16
1.2 Характеристика объектов автоматизации	16
1.3 Требования к системе и ее составным частям	16
1.4. Требования к системе и ее составным частям	17
1.5 Требования к программному обеспечению	17
1.6 Требования к информационному обеспечению	17
1.7 Требования к надежности АСУ ТП	18
1.8 Требования к математическому обеспечению	18
2 Основная часть	19
2.1 Краткое описание технологического процесса получения СПГ	19
2.2 Описание роли КУ отпарного газа в технологическом процессе производства СПГ	26
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации системы управления технологическими режимами	29
2.3.1 Архитектура АС, структурная схема	29
2.3.2 Функциональная схема автоматизации	33
2.4. Выбор средств реализации автоматизированной системы	50
2.4.1. Программируемый логический контроллер.....	50
2.4.2. Температурные элементы.....	51
2.4.3. Преобразователи температуры.	52
2.4.4. Манометры.....	53
2.4.5. Преобразователи давления.....	54
2.4.6 Преобразователь расхода	55
2.4.7 Исполнительные устройства.....	57
2.5 Разработка алгоритмов управления	61
2.6 Резервирование и надежность системы управления	64
2.7 Разработка программного обеспечения для ПЛК и экранных форм.	66
2.8 Разработка схемы внешних проводок	70

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	75
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	75
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	75
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	75
3.1.3 Технология QuaD	77
3.1.4 SWOT-анализ	80
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	82
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	82
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	84
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	85
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	89
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	89
3.3.2 Расчет заработной платы	90
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды	92
3.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	93
3.4 Расчет прибыли, НДС, цены разработки НИР и определение срока окупаемости	93
3.5 Оценка научно-технического уровня НИР	94
Результаты	95
4 Социальная ответственность	98
Введение	98
4.1 Вредные проявления факторов производственной среды	99
4.1.1 Шум	101
4.1.2 Вибрация	104
4.1.3 Электромагнитное излучение	106
4.2.1 Поражение электрическим током	107
4.3 Охрана окружающей среды	108
4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	109
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	110

Заключение	112
Список использованных источников	113
Приложение А	115
Приложение Б	116
Приложение В.....	117
Приложение Г	119
Приложение Д.....	121
Приложение Е.....	122
Приложение Е (продолжение)	123
Приложение Ж.....	124
Приложение И	126
Приложение К.....	127
Приложение Л.....	128
Приложение М.....	129
Приложение Н	130
Приложение П	132
Приложение Р	133
Приложение С.....	134
Приложение Т.....	136
Приложение У	137

Введение

Автоматизация технологических процессов на сегодняшний день является важнейшим аспектом при производстве продукции, особенно в высокотехнологичных областях промышленности. К которым без сомнения можно отнести сжижение природного газа. Автоматизация позволяет существенно повысить производительность процесса и качество продукции, снизить «человеческий фактор», улучшить условия труда, технологический процесс становится более стабильным, предсказуемым, безопасным. Не будет преувеличением сказать, что в данный момент, каждый строящийся производственный объект оснащается средствами автоматизации, в той или иной степени.

Создание, модернизация автоматизированных систем является сложной задачей, которая должна решаться командой из соответствующих специалистов. Эффективная автоматизированная система позволяет добиться:

- оптимизации технологического процесса;
- снижения производственных потерь;
- увеличения управляемость процесса;
- повышения достоверности и скорости получения информации;
- более безопасного процесса производства продукции.

В данной работе будет рассмотрена модернизация системы управления компрессорной установки (КУ) отпарного газа. Установка входит в состав производственного комплекса Пригородное, основными задачами которого являются сжижение природного газа (СПГ) и отгрузка нефти.

Данная КУ является важным объектом комплекса, так как является одним из ключевых звеньев питания основных турбокомпрессорных установок и

турбогенераторов топливным газом. Так же, стоит отметить, что от стабильности работы данной КУ зависит производительность производственных линий СПГ.

Завод СПГ имеет достаточную степень автоматизации включая рассмотренную выше установку. Однако, для увеличения энергоэффективности, стабильности работы КУ и более гибкого регулирования технологических параметров, было принято решение о модернизации, а именно установки входного направляющего аппарата (ВНА) на компрессор. Это в свою очередь требует серьезного изменения в системе управления компрессором, включая систему управления антипомпажа компрессора.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация АСУ ТП КУ отпарного газа.

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели модернизации АСУ ТП

Основной задачей модернизации является интеграция системы управления в существующую распределенную систему управления комплексом по производству СПГ.

Целью модернизации является увеличение стабильности работы, обеспечение повышения управляемости технологических параметров и энергоэффективности КУ при условии жесткого соблюдения технологических параметров.

1.2 Характеристика объектов автоматизации

В состав КУ входят следующее основное оборудование (рис. 1):

- компрессор К-3401;
- входная емкость на всасывающей патрубке компрессора V-3401;
- охладитель на выходе компрессора E-3401.

1.3 Требования к системе и ее составным частям

В соответствии с основной задачей модернизации система управления КУ должна быть интегрирована в существующую PCSU Yokogawa Centum VP производственного комплекса Пригородное.

1.4. Требования к системе и ее составным частям

Поскольку модернизация происходит в рамках действующего предприятия и непосредственно действующей КУ. Необходимо, на сколько это возможно, использовать исполнительные устройства, датчики, линии связи, кабельные линии модернизируемой АСУ ТП. При условии соблюдения всех целей и задач модернизации.

1.5 Требования к программному обеспечению

Измененную программу управления КУ необходимо интегрировать в территориально ближайший контроллер РСУ. Программное обеспечение, используемое в РСУ на рабочих станциях операторов – Yokogawa Centum VP, инженерные станции используют – Yokogawa Centum VP, Yokogawa System View и другие многочисленные утилиты производителя.

1.6 Требования к информационному обеспечению

Исправление всех необходимых схем, чертежей и технических регламентов, где использовалась ранее использовавшаяся АСУ ТП, а также составление истории внесенных изменений в работу КУ, несет собой непосредственное информационное обеспечение проекта модернизации.

Экранные формы для рабочих станций РСУ должны быть изменены в соответствии с проектом модернизации.

1.7 Требования к надежности АСУ ТП

Надежность проектируемой АСУ ТП КУ не должна уступать ранее применяющейся схеме управления установки, а также не должна снижать надежность РСУ в целом.

1.8 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата [1].

Тип регулятора (ПИ, ПИД и т.д.) для регулируемого параметра должен определяться исходя из требований системы.

2 Основная часть

2.1 Краткое описание технологического процесса получения СПГ

Для начала необходимо понять, что такое СПГ. Сжиженный природный газ — криогенная жидкость (преимущественно метан), получаемая из природного газа охлаждением до температуры конденсации (минус 161,5 °С); температура кристаллизации (минус 182,5 °С); плотность 0,42 кг/л. Главное преимущество СПГ — при сжижении объем газа уменьшается в 600 раз.

Комплекс «Пригородное», является первым заводом по производству СПГ в России. Комплекс работает автономно — имеет собственную газотурбинную электростанцию более 120 МВт, систему водоснабжения и водоотведения. Комплекс, как упоминалось ранее состоит из двух объектов — терминала отгрузки нефти (ТОН) и завода по производству СПГ.

ТОН состоит из резервуаров для хранения нефти, отгрузочного трубопровода и выносного причального устройства (рис. 1).



Рисунок 1 – Терминал отгрузки нефти

Завод по производству СПГ включает в себя две технологические линии и объекты общего назначения. На технологических линиях осуществляется подготовка и сжижение газа. Для производства СПГ используется технология двойного смешанного хладагента, разработанная концерном «Шелл». Производительность завода – 9,6 млн тонн СПГ в год [2].

После сжижения СПГ поступает для хранения в два резервуара объемом 100 тыс. м³ каждый. СПГ сохраняется в резервуарах до подхода танкера-газовоза.

Отгрузка СПГ осуществляется через специальный причал, который может принимать танкеры-газовозы вместимостью от 18 до 145 тыс. м³.

Вид производственного комплекса «Пригородное» представлен в приложении А.

Этапы производства СПГ можно разделить на основные стадии:

- подготовка природного газа;
- отделение тяжелых фракций;
- сжижение;
- хранение.

Кратко опишем этапы подготовки газа к отделению тяжелых фракций. Сначала, происходит прием газа на входном узле учета и обработки. На этом участке происходит сепарация газа от крупных посторонних частиц (грязь, песок, сконденсированная вода), регулировка входного давления, измеряется температура, влажность, плотность полученного газа. Так же измеряется и регулируется необходимый расход (поток) для загрузки производственных линий.

Затем газ поступает в установку удаления «кислых» (химическое поведение которых приравнивается к кислотам) газов. Эти газы плохо влияют на коррозионную стойкость оборудования и замерзают при достаточно высоких

температурах, что недопустимо при производстве СПГ. На этом участке основным оборудованием является абсорбционная колонна в которой подающийся газ подвергается физическому контакту с нагретым химическим реагентом, который «захватывает» нежелательные компоненты (в нашем случае CO_2 и H_2S) и тем самым очищает газ. Функциональная схема этой установки представлена на рисунке (рис. 2).

Далее газ поступает в установку осушения и удаления ртутных составляющих (рис. 3).

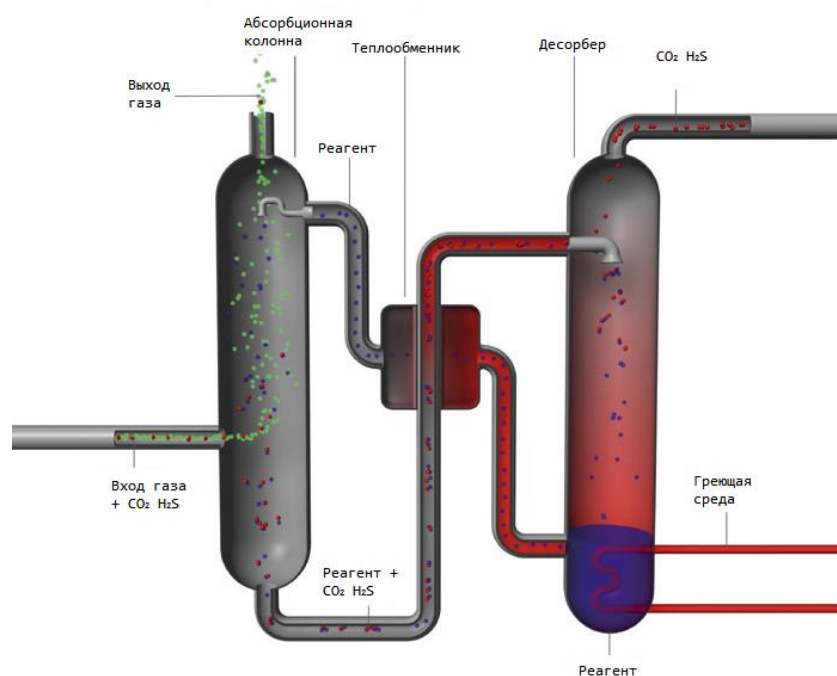


Рисунок 2 – Функциональная схема установки удаления «кислых» газов

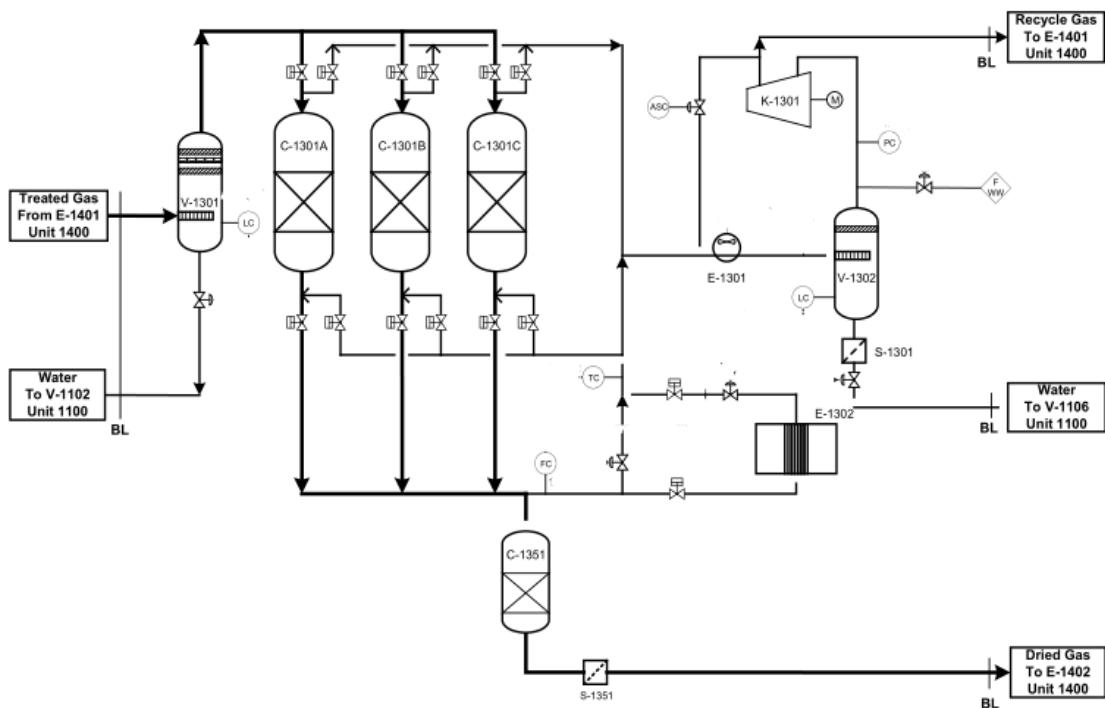


Рисунок 3 – Функциональная схема установки осушения и удаления ртутных составляющих

После этого газ проходит установку фракционирования (разделения на фракции), которая состоит из нескольких дистилляционных колонн, выделяющих метан, этан, пропан, бутан и газовый конденсат. В этих колоннах газ под определенным давлением и температурой разделяется на две среды газообразную (движется снизу-вверх) и жидкую (сверху-вниз). Этан и пропан затем используются в качестве хладагентов для сжижения природного газа. Общая схема этой установки представлена на рисунке (рис. 4).

Расшифровка сокращений на схеме:

- RD-1,4 – сборник орошающей фракции (Reflux Drum);
- C-1 – установка удаления метана (Demethanizer);
- C-2 – установка удаления этана (Deethanizer);
- C-3 – установка удаления пропана (Depropanizer);
- C-4 – установка удаления бутана (Debuthanizer);
- P-1,2 – насосы;
- R-1,2,3,4 – ребойлеры;

- HE-3,4,5,6 – теплообменники (охладители).

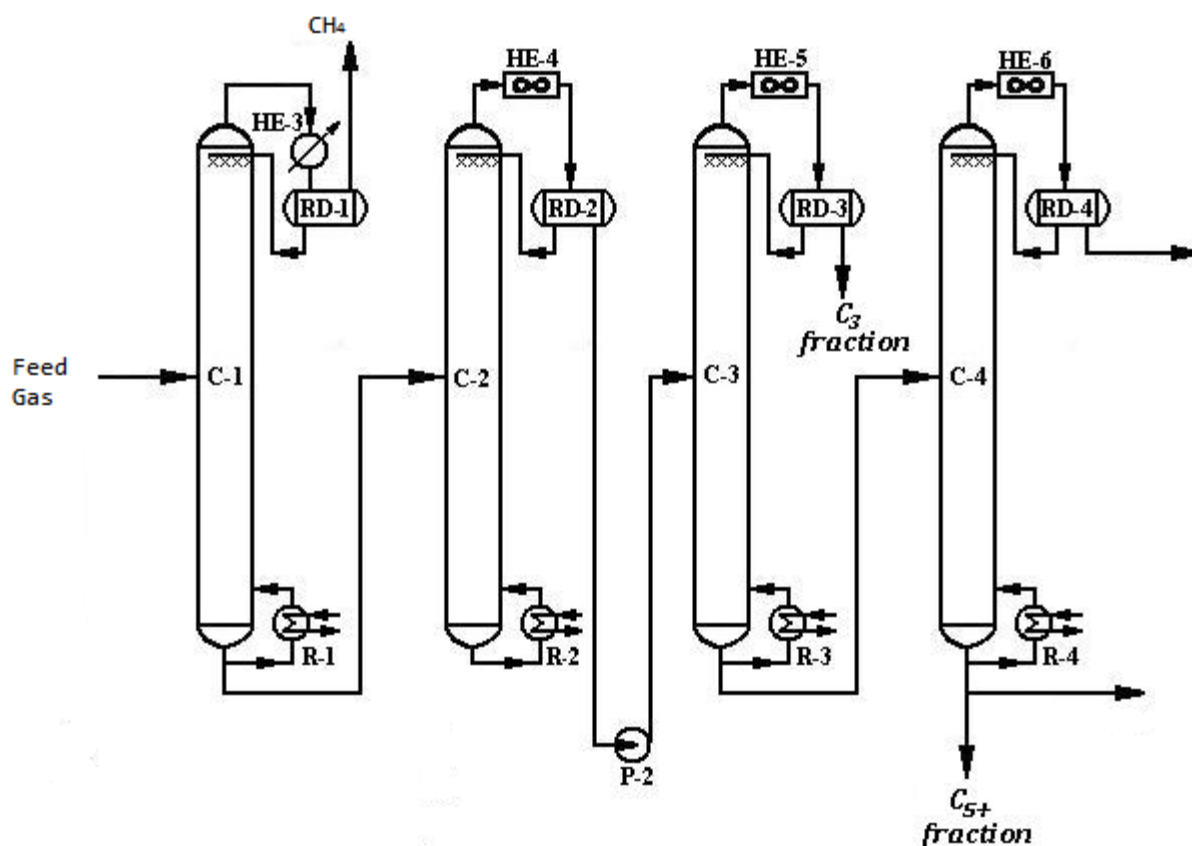


Рисунок 4 – Общая схема установки разделения на фракции

Далее, самые легкие компоненты, входящие в природный газ (преимущественно метан), направляются в сердце завода – установку по сжижению природного газа. Ключевые составляющие этой установки:

- два криогенных теплообменника;
- два компрессора;
- система теплообменников (охладителей).

Упрощенная схема технологического процесса этого участка представлена на рисунке 5. Обобщенно, можно описать работу установки следующим образом. В главном теплообменнике проходят одновременно несколько сложных процессов. Основными являются охлаждение хладагента низкого давления, высокого давления и непосредственно метана. Компрессоры сжимают газообразную фазу и затем, происходит охлаждение в

теплообменниках. Далее хладагенты дросселируются в среду с низким давлением (криогенный теплообменник), где они «забирают» тепло от находящихся внутри трубок, по которым движется газ.

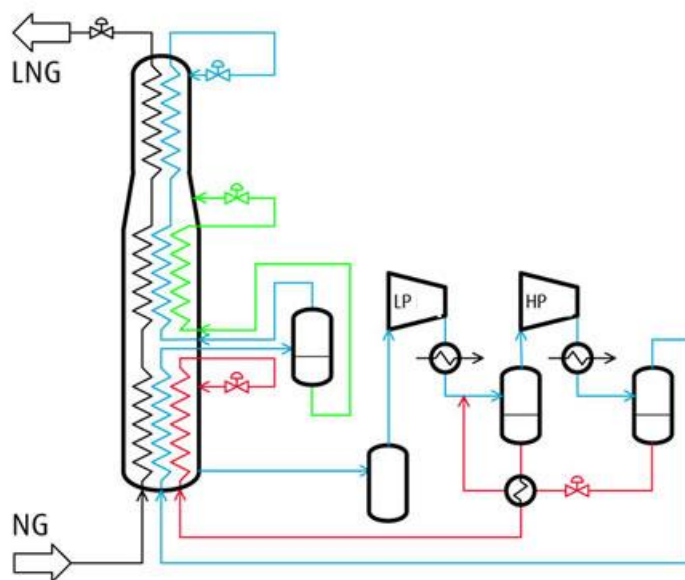


Рисунок 5 – Упрощенная схема установки сжижения природного газа

Полученный СПГ перекачивается на хранение в специальные резервуары (рис. 6).

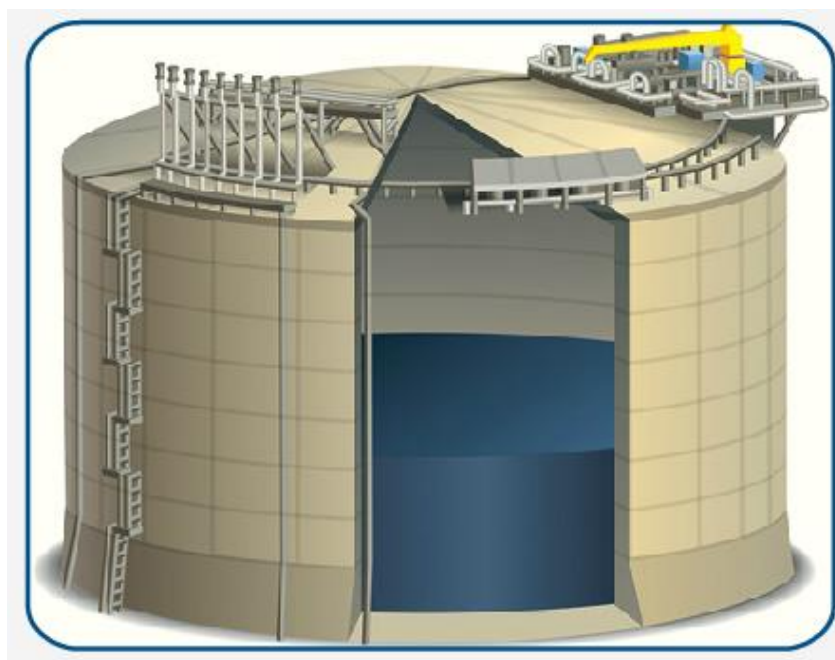


Рисунок 6 – Резервуар для хранения СПГ

Продукция завода (СПГ) отгружается регулярно, около 3-4х раз в неделю. Осуществляется это при помощи специально сконструированных танкеров (рис. 7). Объем применяемых танкеров от 18 000 м³ до 145 000 м³.



Рисунок 7 – Танкер Grand Elena работающий на проекте Сахалин-2

Погрузка танкера осуществляется по двум линиям, которые идут непосредственно от резервуаров СПГ на причал отгрузки, третья линия – обратная и служит для сбора и дальнейшей переработки испарившегося СПГ в модернизируемой КУ. Судно соединяется с линиями при помощи четырех специальных рукавов, нормальный режим работы: три рукава – подача на корабль, один – обратная линия (испарение) (рис 8). Погрузка осуществляется насосами, которые находятся непосредственно в резервуарах – по четыре насоса в каждом хранилище.



Рисунок 8 – Причал отгрузки СПГ с установленными рукавами

2.2 Описание роли КУ отпарного газа в технологическом процессе производства СПГ

В системе отгрузки и хранения СПГ существует два нормальных режима работы: режим отгрузки СПГ в газовоз и режим хранения/накопления СПГ.

Кратко опишем каждый из режимов и объясним роль модернизируемой КУ в технологическом процессе. Режим хранения/накопления СПГ обычно поддерживается между отгрузками (рис. 9). В этом режиме СПГ непрерывно поступает с двух производственных линий в хранилища. Подающийся в хранилища СПГ попутно охлаждает линии загрузки, для предотвращения образования паров и их скапливания в трубопроводах [3].

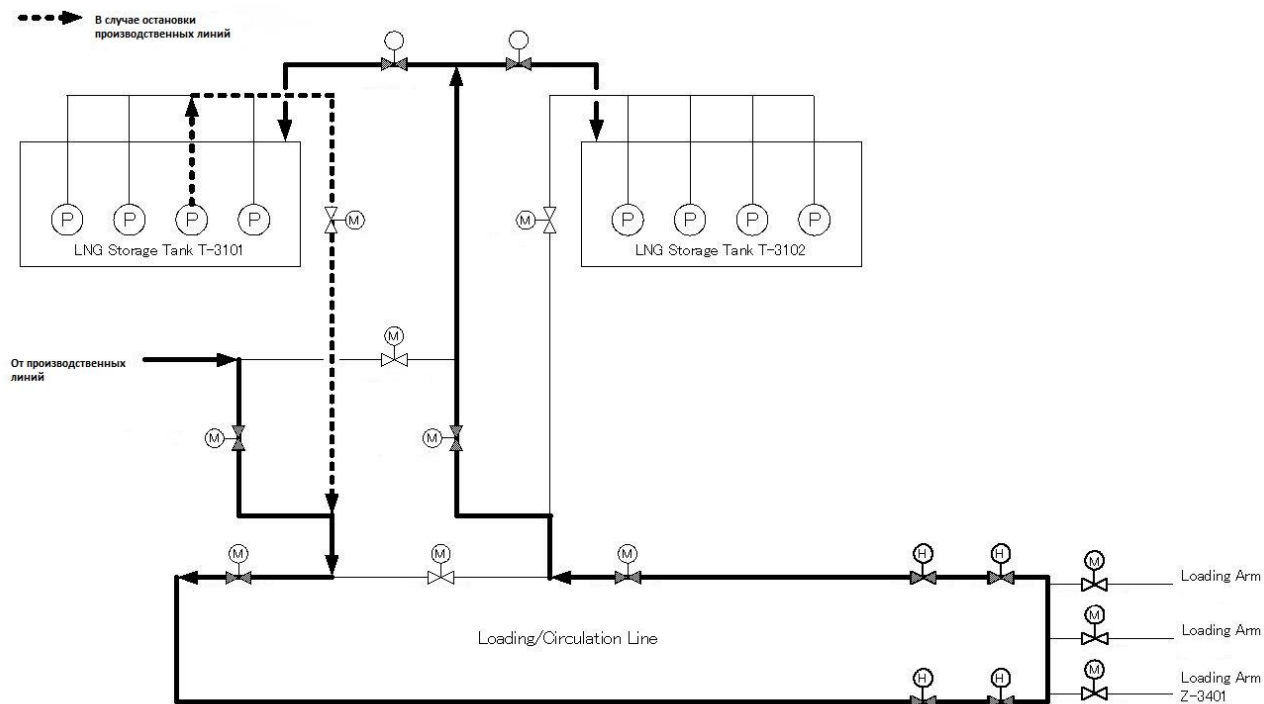


Рисунок 9 – Режим хранения/накопления СПГ

Сжиженный на производственных линиях газ перед перекачкой в хранилища попадает в специальную испаряющую емкость с более низким давлением, это делается для достижения еще более низкой температуры так как жидкость при испарении теряет энергию и охлаждается [3].

Испаряющийся при этом газ, так называемый отпарной газ направляется в компрессорные установки где сжимается, охлаждается и направляется в систему топливного газа, где далее используется для питания основных компрессоров и другого оборудования [3].

Таких компрессорных установок три, по одной на каждой из производственных линий и одна специализированная КУ, модернизируемая в данной работе. Максимальная производительность компрессоров, установленных на производственных линиях составляет около 60000 м³/ч каждая, максимальная производительность модернизируемой установки – 23000 м³/ч.

В режиме отгрузки СПГ, продукция откачивается из хранилищ в газовоз через линии погрузки, в то время, как СПГ с производственных линий поступает непосредственно в хранилища (рис. 10). Испаряющийся газ из газовоза и хранилищ (при откачке СПГ из хранилищ происходит более интенсивное парообразование), поступает в КУ. Стоит отметить, что испарение СПГ в хранилищах происходит и в режиме хранения, в этом случае он так же направляется на КУ [3].

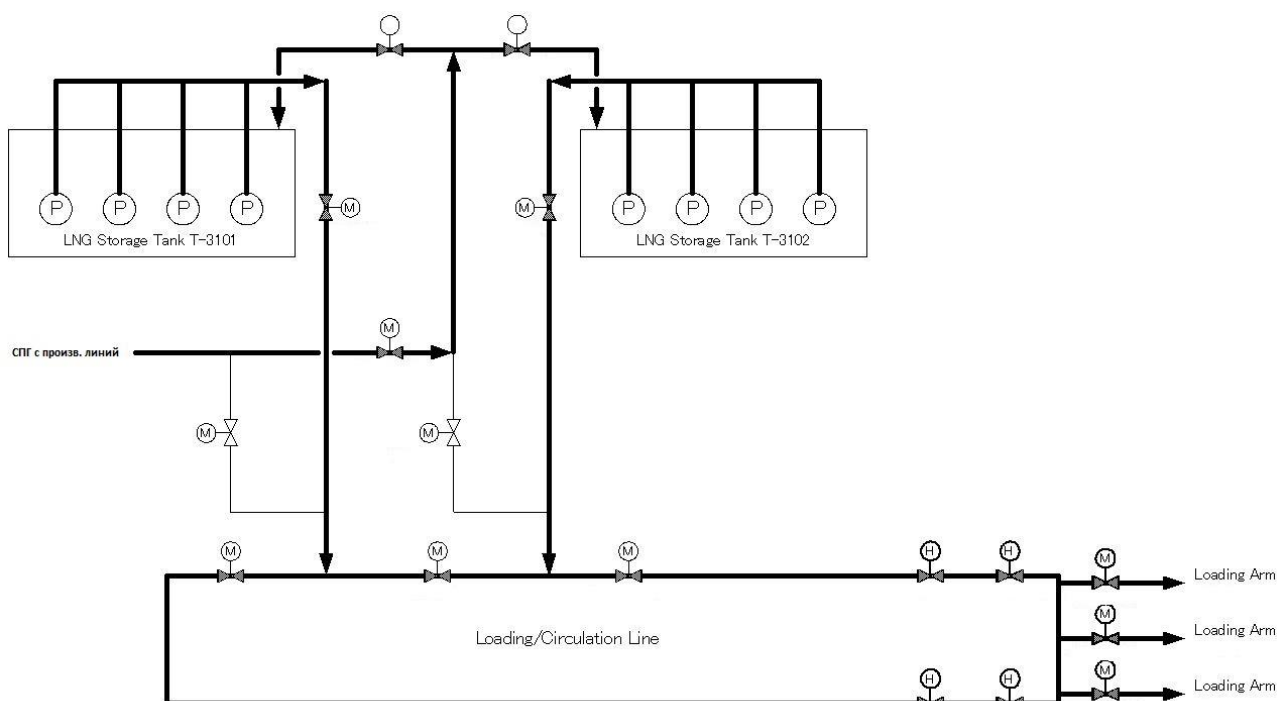


Рисунок 10 – Режим отгрузки СПГ

Во всех вышеупомянутых режимах нагрузка между этими тремя КУ делится в соответствии с оптимальными показателями КПД установок и необходимых условий эксплуатации. Во время отгрузки СПГ все три КУ должны быть в работе.

Первоначальным проектом, было предусмотрено периодическое использование модернизируемой КУ – только во время отгрузки. Но практика показала неэффективность такого подхода, из-за значительных выбросов на факельную установку во время останова и пуска этой КУ. Так же процесс запуска

этой КУ довольно растянут во времени, что иногда приводило к отсрочке отгрузки. Поэтому руководством было принято решение о переводе установки в непрерывный режим работы и модернизации компрессора для более гибкого управления.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации системы управления технологическими режимами

2.3.1 Архитектура АС, структурная схема

Не будет преувеличением сказать, что все технологические процессы, которые протекают на производственном комплексе управляются при помощи распределенной системы управления (PCY) Centum VP компании Yokogawa. Типовая структурная схема PCY Centum VP представлена на рисунке 11.

Данная система удовлетворяет все необходимые потребности комплекса в управлении производством, основные из них:

- безопасное управление технологическими процессами;
- реализация решений задач оптимального управления;
- обеспечение устойчивости процессов регулирования;
- управление непрерывными процессами;
- взаимодействие с подсистемами верхнего и нижнего уровня;
- сбор и накопление данных.

PCY Centum VP была разработана для управления относительно большими производствами, отлично масштабируема и организована по доменному принципу.

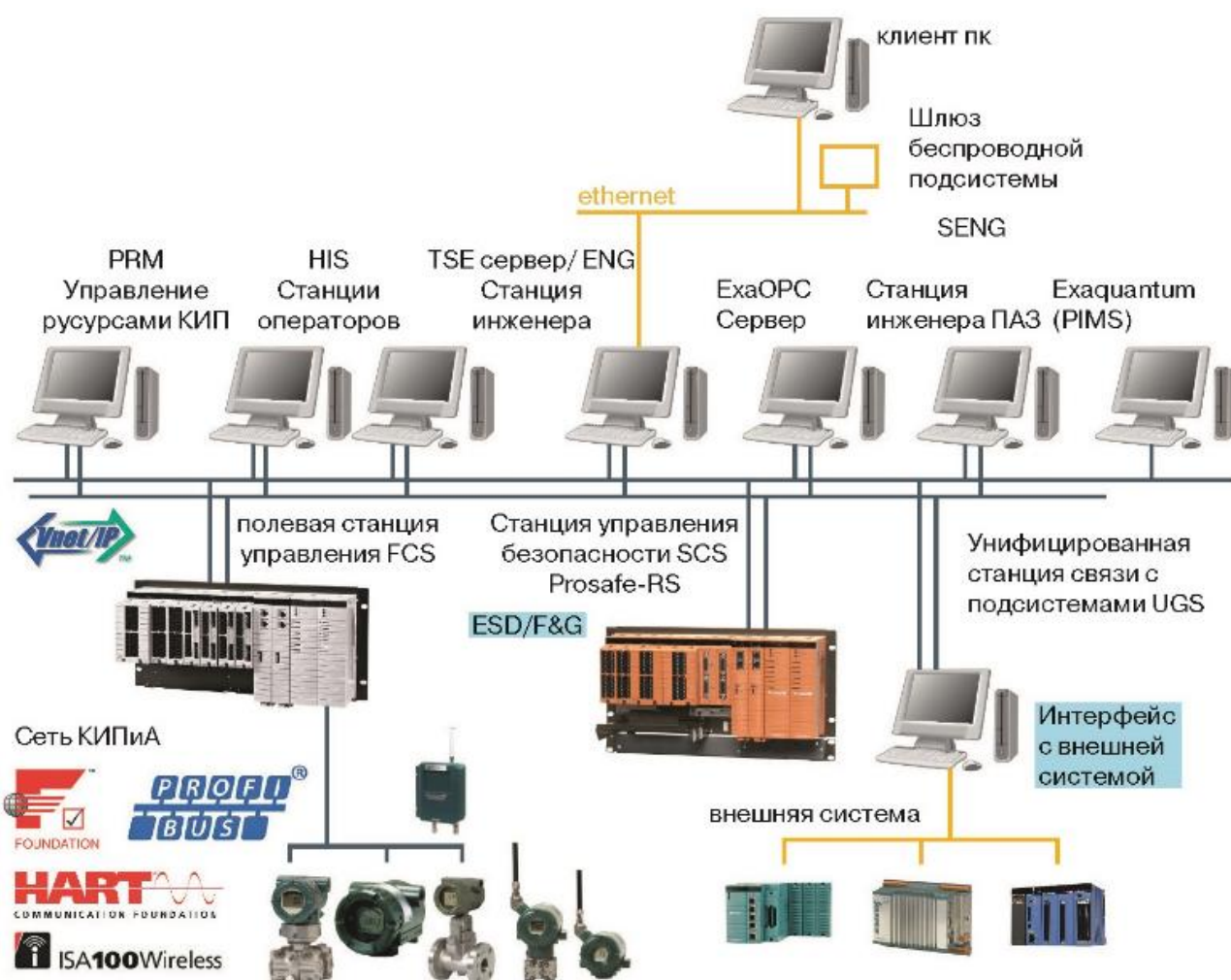


Рисунок 11 – Типовая структурная схема PCU Centum VP

Среди многих ее достоинств следует обратить внимание на следующие параметры:

- гибкая система резервирования, позволяющая резервировать элементы центрального процессора, системные интерфейсы и магистрали передачи данных, модули ввода/вывода, коммуникационные модули полевых интерфейсов управления;
- гибкая конфигурация каждого рабочего места оператора с возможностью независимого накопления исторической информации;
- доменный принцип организации, позволяющий организовать распределенное управление;
- высокая плотность модулей ввода/вывода;

- высокая скорость передачи данных по внутренней шине до 1 Гб/с;
- большой объем оперативной памяти контроллеров;
- возможность применения 1-, 2- и 4-экранных рабочих станций операторов;
- рабочее место оператора комплектуется промышленной клавиатурой, позволяющей осуществить прямой доступ к любому технологическому окну путем нажатия функциональной клавиши;
- связь с подсистемами верхнего и нижнего уровней;
- передача информации в общезаводскую сеть с использованием протокола OPC;
- связь с подсистемами нижнего уровня;
- возможность удаленного мониторинга и управления;
- функция виртуального тестирования, позволяющая выполнять отладку прикладного программного обеспечения.

Система относится к классу распределенных интегрированных систем управления. Ее конфигурация обеспечивает комплексное управление предприятием, объединяя в одно целое: контрольно-измерительную аппаратуру, диспетчерские пункты, компьютерные системы и системы управления других производителей, функционирующие на предприятии.

Centum VP и ProSafe-RS объединены одной управляющей сетью Vnet/IP. Для обеспечения оптимизации действия операторов используется одно окно на рабочей станции оператора CENTUM. Оператор в едином формате получает информацию о процессе для системы управления и системы безопасности. Помимо интеграции с системой безопасности, система CENTUM VP может быть интегрирована с PRM и другими системами [4].

Полевые станции управления (FCS) разнесены по территории комплекса и находятся в специальных помещениях управления (FAR – Field Auxiliary Room) в которые поступают все сигналы с полевых устройств, а при помощи выходных сигналов управляются исполнительные механизмы. Таким

помещением, для управления компрессорной установкой отпарного газа является FAR-4, которое находится в непосредственной близости от установки.

FCS между собой соединены дублированной высокоскоростной закрытой сетью Vnet/IP. Обмен данными происходит в «реальном» времени между всеми FCS которые находятся в сети. Общение PCY с другими подсистемами происходит либо при помощи OPC сервера, либо с помощью специальных модулей и сетевого протокола.

В FAR-4 находятся различные шкафы системы управления, основные из них, имеющие непосредственное отношение к КУ:

- LCD-40-001, LCD-40-002 – FCS;
- LCT-40-001 – Communication;
- LCM-40-003/004/006 – Analog/Digital Input/Output.

Схема расположения системных шкафов в FAR-4 представлена на рисунке 12. Структурная схема системы управления КУ представлена в приложении Б (ФЮРА.425280.001.C2.01).

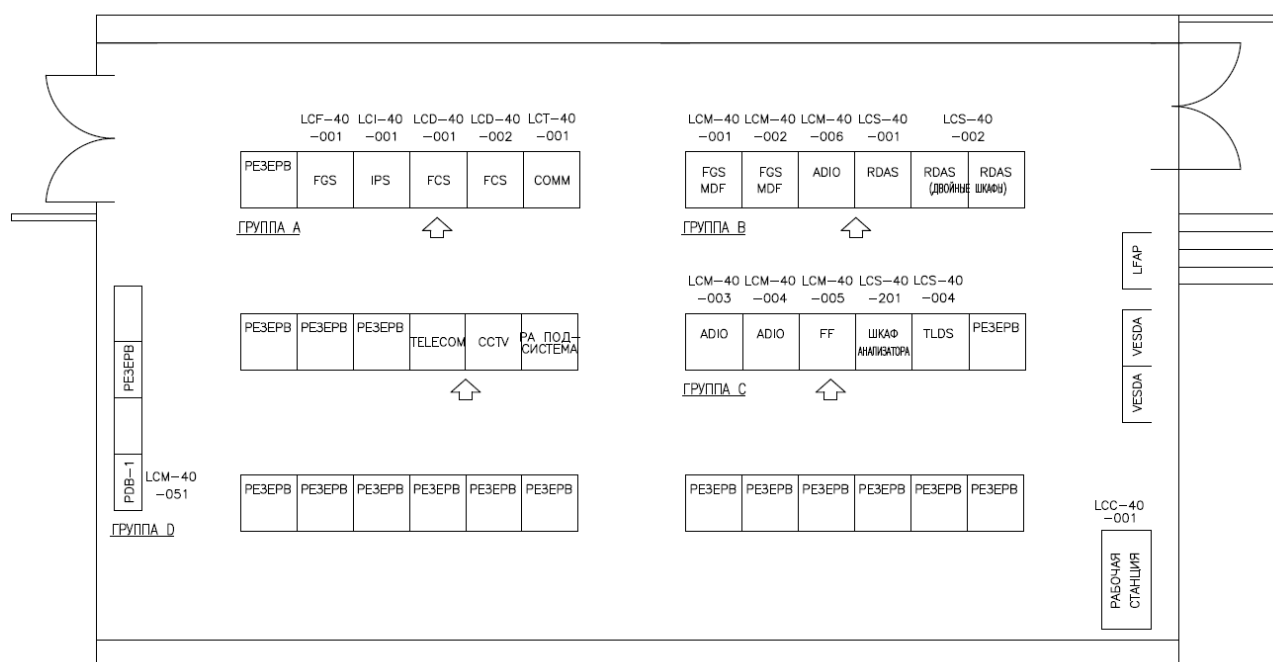


Рисунок 12 – Схема расположения системных шкафов в FAR-4

2.3.2 Функциональная схема автоматизации

Роль компрессорной установки в технологическом процессе комплекса была освещена выше. Остановимся более подробнее на параметрах, которые должны контролироваться и управляться в процессе эксплуатации КУ. Для начала укажем технические параметры КУ. Внешний вид КУ представлен на рисунке 13, а компрессора на рисунке 14.



Рисунок 13 – Внешний вид КУ отпарного газа

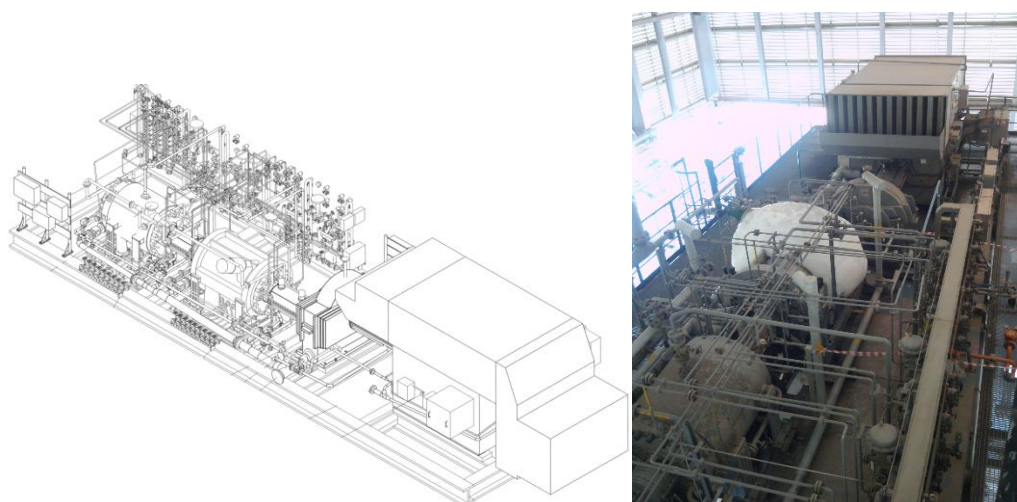


Рисунок 14 – Компрессор отпарного газа с приводным двигателем

Компрессор представляет собой многосекционный двухступенчатый компрессор центробежного типа компании SIEMENS (Компрессор приводится во вращение асинхронным электродвигателем компании ALSTOM взрывозащитного исполнения, основные технические характеристики электродвигателя представлены в приложении В. Скорость вращения компрессора 9651 об/мин, расход на всасывающем патрубке компрессора (основные технические характеристики компрессора представлены в приложении Г):

- максимальный 23808 м³/ч, массовый 30420 кг/ч;
- минимальный 19316 м³/ч, массовый 26247 кг/ч;
- рециркуляция 23300 м³/ч, массовый 30008 кг/ч.

В рамках данного проекта не будут рассмотрены такие системы компрессорной установки:

- мониторинг вибрации и перемещений валов (RDAS);
- контроль температуры: подшипников, обмоток, охлаждающего воздуха;
- система смазки;
- противоаварийная защита;
- система уплотнительного газа;
- система аварийного функционирования компрессора;
- система управления приводным двигателем [5].

Системы управления, которые будут в той или иной степени рассмотрены:

- контроль уровня в входной емкости на всасывающем патрубке компрессора;
- контроль температуры на всасе компрессора;
- контроль давления в головном коллекторе отпарного газа;
- контроль давления на выходе компрессора;

- контроль температуры после воздушного охладителя на выходе КУ.

Наиболее подробно будет рассмотрена система антипомпажного управления и контроля нагрузки КУ, так как она была подвержена модернизации в наибольшей степени.

2.3.2.1 Контроль уровня в входной емкости на всасывающем патрубке компрессора.

Цели контроля уровня в V-3401:

- в режиме хранения/накопления – поддержание необходимой низкой температуры в V-3401 путем подачи СПГ в верхнюю часть емкости (разбрызгиватель), поддерживая определенный уровень, с целью защиты от перелива;
- в режиме отгрузки – контроль уровня в V-3401, подача СПГ в верхнюю часть емкости (разбрызгиватель) контролируется температурным контроллером.

Уровень СПГ в V-3401 контролируется во всех режимах работы КУ контроллером LCA-342. Внешний вид V-3401 представлен на рисунке 15.

Режим работы КУ (отгрузка/хранение(накопление)) выбирается при помощи селектора HS-341, который находится в MCR и коммутирует сигналы определенным образом.

Режим хранения/накопления. Выход контроллера уровня СПГ в V-3401 (LCA-342) направляется на регулирующий клапан TCV-351. Этот клапан регулирует охлаждающий поток СПГ в верхнюю часть V-3401 подающийся на разбрызгиватель. На регулирующий клапан LCV-342 подается фиксированный сигнал 0% – поэтому клапан находится в закрытом состоянии (возможность

открытия в ручном режиме сохраняется). Этот клапан подает СПГ в нижнюю часть V-3401 [3]. В данном режиме деактивируются:

- выходной сигнал температурного контроллера TCA-351;
- компонент опережающего воздействия от контроллера URCA-680XC антипомпажа.



Рисунок 15 – Внешний вид V-3401 и откачивающих СПГ насосов

Путем контроля уровня СПГ в V-3401 контроллером LCA-342 поддерживается необходимое значение температуры в режиме хранения/накопления.

Режим отгрузки. Выход контроллера уровня СПГ в V-3401 (LCA-342) в данном режиме направляется на регулирующий клапан LCV-342. Регулирующий клапан TCV-351 управляется температурным контроллером TCA-351 – задача контроллера поддержание заданной температуры на всасе компрессора в время всего процесса отгрузки СПГ на газовоз. LCA-342 во время отгрузки поддерживает уровень СПГ на необходимом уровне управляя клапаном LCV-342.

На всех режимах избыток СПГ из емкости V-3401 откачивается насосами P3404A/B под управление контроллера расхода на выкиде насосов FCA-342. Все описанные действия можно отследить по упрощенной схеме автоматизации, представленной в приложении Д (ФЮРА.425280.001.С3.01).

2.3.2.2 Контроль температуры на всасе компрессора.

Цели контроля температуры:

- поддержание температуры на всасе компрессора ниже минус 110 °С;
- достижение минимально необходимого давления на выходе компрессора;
- поддержание температуры на выходе ниже максимально допустимого давления;
- предотвращение падения температуры ниже допустимого, в случае избытка отпарного газа.

Низкая температура на всасе компрессора поддерживается, для его стабильной работы. При более высоких температурах изменяется плотность, и рабочая характеристика компрессора приближается к явлению помпажа, но и снижать ее ниже минус 140 °С нельзя, т.к. давление на выходе превысит максимальное значение. Температура на всасе компрессора контролируется двумя контроллерами TCA-351 и TCA-352, конфигурация зависит от режима работы КУ [3].

Значение температуры в заданных пределах поддерживается:

- в случае роста температуры – путем распыления СПГ во входную емкость на всасывающем патрубке компрессора V-3401, так называемое душирование;
- в случае падения температуры – путем увеличения потока рециркуляции через компрессор.

В настоящее время производственные линии СПГ загружены более чем на 100% проектного значения, данному режиму работы соответствует усиленное испарение сжиженного газа в специальных испаряющих емкостях, перед откачкой в хранилище. Поэтому модернизируемая КУ должна работать в непрерывном режиме, для компримирования испарившегося газа.

Это означает, что температура на всасе поддерживается ниже минус 110 °С контроллером TCA-351 в режиме отгрузки и выше минус 140 °С в режиме хранения –TCA-352. TCA-351 управляет регулирующим клапаном TCV-351 охлаждающего потока СПГ в V-3401.

Контроллер TCA352 имеет более низкую уставку чем TCA-351 и управляет антипомпажным клапаном рециркуляции UCV681A через селектор наибольшего значения Y357 в случае, когда необходимо быстро увеличить температуру на всасе и уменьшить давление на выходе.

Выход температурного контроллера TCA-351 корректируется упреждающим компонентом Y-353 для компенсации открытия антипомпажных рециркуляционных клапанов UCV-681A/B в качестве упреждающего действия для быстрого предотвращения роста температуры на всасе, из-за подачи на вход горячего газа с выходного патрубка. Путем этого упреждающего действия скачек температуры на всасе минимизируется. Все описанные действия отражены на упрощенной схеме автоматизации, представленной в приложении Д (ФЮРА.425280.001.С3.01).

2.3.2.3 Контроль давления на выходе компрессора

Цель контроля – предотвращение падения давления на выходе компрессора ниже предельного значения в случае падения давления в системе топливного газа. Для этого используется контроллер PCA-353 который

управляет клапаном OPCV-011, установленным за охладителем на выходе компрессора.

В случае падения давления в системе топливного газа, выходное давление компрессора уменьшится и поток с коллектора отпарного газа увеличится, для предотвращения данной ситуации и используется контроллер PCA-353 который прикрывает клапан в случае падения давления в системе топливного газа. В нормальных условиях работы выходное давление компрессора больше уставки контроллера PCA-353 поэтому PCV-011 полностью открыт. Все описанные зависимости системы отражены на упрощенной схеме автоматизации, представленной в приложении Д (ФЮРА.425280.001.С3.01).

2.3.2.4 Контроль температуры после воздушного охладителя на выходе КУ

Цель контроля температуры – охлаждение компримированного газа после компрессора. Контроллер температуры TCA-357.

Воздушный охладитель входит в состав КУ и состоит из двух вентиляторов с электродвигателями EM-3401-1/2, которые используют окружающий воздух в качестве охлаждающей среды и теплообменных трубок, по которым идет сжатый компрессором газ. Внешний вид охладителя представлен на рисунке 16.

Один из мотор-вентиляторов оборудован системой VSDS которая позволяет плавно менять скорость вращения вентилятора в зависимости от выходного сигнала контроллера температуры TCA-357. Второй мотор-вентилятор EM-01-2 имеет фиксированную скорость вращения и включается, когда выходной сигнал TCA-357 достигает 80% и выключается,

когда выходной сигнал ТСА-357 падает до 20%. Схемы автоматизации приведена в приложении Е (ФЮРА.425280.001.С3.001-2).



Рисунок 16 – Внешний вид воздушного охладителя

2.3.2.5 Контроль давления в головном коллекторе отпарного газа

Цель контроля давления – поддержание давления в хранилищах СПГ путем регулирования расхода отпарного газа к компрессорным установкам. Этим достигается минимизация потерь газа на факел и необходимое условие работы хранилищ. Упрощенная функциональная схема представлена в приложении Д (ФЮРА.425280.001.С3.01).

Контроллер РС-011 регулирует положение лопаток входного направляющего аппарата, установленного на входном патрубке компрессора, а также управляет клапаном на линии подачи отпарного газа к КУ отпарного газа производственных линий.

Контроллер РС-011 имеет разделенный диапазон выходного сигнала. Если сигнал на выходе контроллера находится в пределах от 0% до X (где X=70%

по умолчанию), то для регулирования используется только входной направляющий аппарат компрессора.

Если сигнал на выходе контроллера находится в пределах от X до 100% то контроллер использует и ВНА компрессора и регулирующий клапан подачи отпарного газа на другие КУ. Поясняющий работу разделенного диапазона график представлен на рисунке 17.

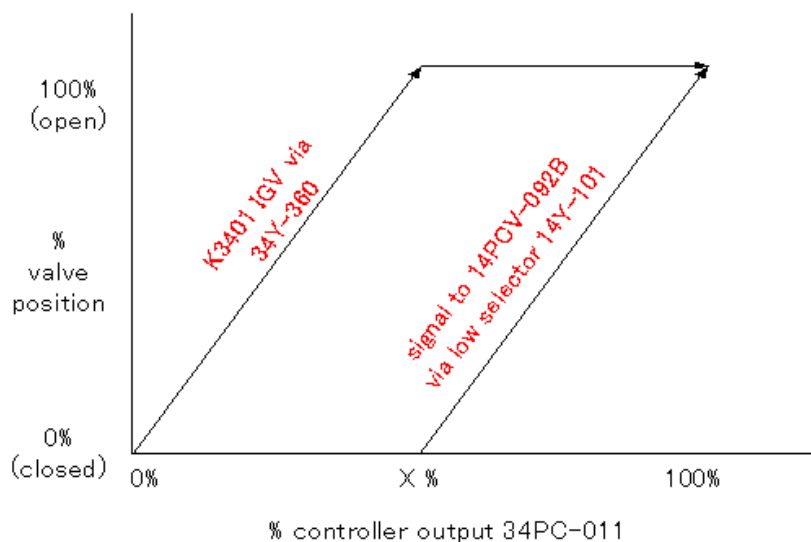


Рисунок 17 – Разделенный диапазон выходного сигнала

До установки ВНА на компрессор схема управления была следующей. Выходной сигнал от 0% до X задействовал клапан подачи газа на другие КУ, а сигнал от X до 100% – регулировочный клапан на выходе компрессора PCV-011.

2.3.2.6 Система антипомпажного управления и контроля нагрузки КУ

Перед тем, как начать говорить о системе управления, необходимо несколько слов сказать о самом явлении помпажа компрессора.

Все компрессоры, которые делают свою работу путем увеличения скорости газа называются динамические компрессоры, модернизируемая центробежная установка относится как раз к таким машинам. Такой компрессор имеет открытую проточную часть. Если зафиксировать вал, то можно «продуть» его насквозь в любом направлении, вне зависимости от того, осевой это компрессор или центробежный. Он сжимает газ посредством увеличения его скорости и последующей конвертации ее в давление в диффузоре.

В отличие от объемных компрессоров, динамический компрессор имеет неизменный внутренний объем. Скорость потока в данном случае представляет собой кинетическую энергию, которая толкает газ в прямом направлении, из всаса в нагнетание.

Целью работы компрессора является доставка газа из зоны низкого давления в зону высокого давления. Перепад давления, который при этом создается, представляет собой потенциальную энергию, которая толкает газ в обратном направлении, из нагнетания во всас.

Таким образом, компрессорная карта, которую можно найти в паспорте на компрессор, это визуальное представление поля битвы между этими энергиями. Чем выше перепад давления, тем ниже расход, и наоборот.

Точка пересечения между газодинамической кривой компрессора и кривой сопротивления процесса называется «Рабочая Точка компрессора» (рис. 18).

Идеальная газодинамическая кривая компрессора горизонтальна с левого конца и вертикальна с правого. Правый конец кривой – это предел чока или предел запирания расхода. Скорость газа в этом режиме близка к скорости звука и дальнейшее ускорение газа связано с энергиями совсем другого порядка. В обычных условиях дальнейшее падение перепада при достижении этой зоны не вызывает увеличения расхода.

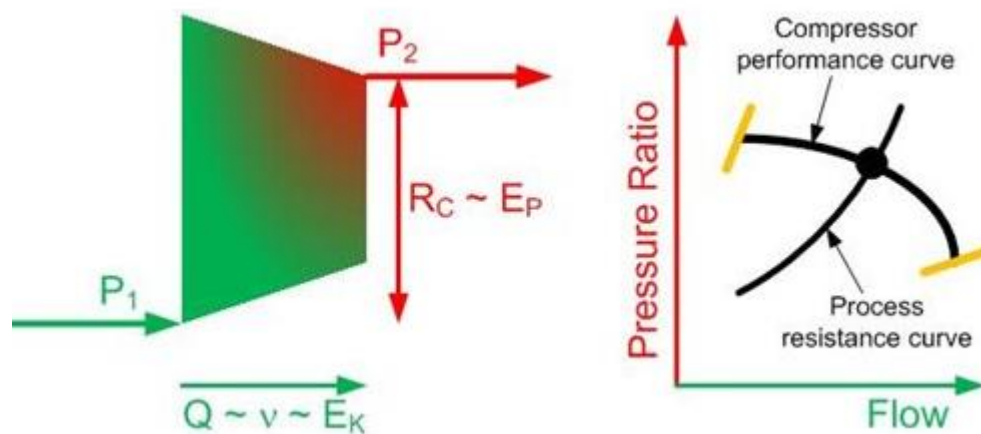


Рисунок 18 – Рабочая точка компрессора

Левая часть этой кривой – это линия помпажа. В этом режиме скорость газа падает настолько, что на лопатках возникает срыв потока. В этот момент кинетическая энергия внезапно падает практически до нуля и все, что остается на том самом поле битвы – потенциальная энергия, которая мгновенно разворачивает расход в сторону всаса компрессора. Расход падает примерно за 30-50 миллисекунд, так что это действительно мгновенно.

Что происходит после этого? Теоретически, перепад давления должен в идеале начать падать сразу же, как расход пересекает линию помпажа. В реальности же к выходному фланцу компрессора привинчена труба и в ней полно сжатого газа. Как быстро давление в этой трубе пойдет вниз зависит от объема трубы по отношению к пропускной способности компрессора. Когда часть газа в итоге перетечет из нагнетания во всас, перепад давления уменьшится настолько, что компрессор сможет восстановить прямое направление потока.

Полный цикл помпажа от падения расхода до полного восстановления занимает обычно 1-2 с, но он, в конечном счете, зависит от того, как быстро компрессор при помпаже высосет из нагнетательного патрубка достаточно газа, чтобы получить возможность вновь преодолеть перепад давления.

К каким проблемам приводит режим помпажа:

- движение вала в осевом направлении (возможное изменение вектора силы) – повреждение подшипников и уплотнений;
- дисбаланс сил, действующих на вал (срыв потока развивается вихрями) – тряска, раскачивание и запредельная вибрация;
- очень быстрая разгрузка приводного двигателя;
- нарушение температурного режима компрессорного агрегата.

Существует множество стратегий предотвращения помпажа, разработанных как производителями компрессоров, так и сторонними компаниями-поставщиками автоматики. Если технология и компрессор правильно посчитаны при проектировании, все датчики и автоматика правильно настроены, то помпаж может произойти только вследствие непреодолимых причин, связанных с поломками оборудования [6].

После установки на компрессор ВНА была рассмотрена возможность следующих улучшений. Вместо регулятора давления в коллекторе КУ, управляющего клапаном нагнетания К-3401 и таким образом меняющего производительность, регулирование давления в широком диапазоне можно перепоручить управлению положением лопаток ВНА К-3401. Поскольку это приведет к взаимодействию с антипомпажным регулированием для компрессора, необходимо внести изменения в контроллер URCA-680 и ввести комплексную схему управления производительностью и антипомпажного регулирования. В этом случае регулятор давления в коллекторе отпарного газа не будет непосредственно управлять входной направляющей лопаткой, а будет осуществлять это через подчиненное противопомпажное регулирование. Эта схема регулирует производительность с помощью лопаток ВНА, пока компрессор не достигнет окрестности помпажа. Это определяется параметром помпажа. В этой точке регулятор давления в коллекторе отпарного газа больше не будет устанавливать заданное значение для подчиненного

противопомпажного регулятора. Вместо него управление будет осуществлять подчиненный регулятор. В линии регулирования помпажа с помощью подчиненного регулятора вводится сдвиг (обычно на 5 % вверх) относительно линии регулирования помпажа для компрессора, которая контролируется и управляется главным регулятором, управляющим рециркуляцией.

Регулирование положения лопаток ВНА смещает рабочую точку компрессора и, следовательно, меняет его производительность. Однако из-за ВНА обычный метод противопомпажного регулирования, который применялся до этого, оказался неприменимым. ВНА влияет на аэродинамические характеристики компрессора, то есть, изменяет его геометрию. Основным методом служит эквивалентный график с опорной линией помпажа для неизменной геометрии компрессора. При ВНА каждое положение лопаток отвечает своей геометрии и, следовательно, своему эквивалентному графику. На практике компрессор с (непрерывно регулируемые) лопатками ВНА имеет бесконечно много эквивалентных рабочих характеристик и соответствующих опорных линий помпажа.

С целью сохранения для К-3401 системы противопомпажного регулирования на основе опорной линии помпажа на графике эквивалентных рабочих характеристик возможны следующие подходы:

- расширение расчета точки помпажа с учетом фактического положения лопаток ВНА;
- расширение расчета параметра помпажа с другой переменной для определения работы.

Температурные измерения относительно медленные, и поэтому в обычных условиях им не стоит отдавать предпочтение для противопомпажного регулирования. Однако температура всасывания К-3401 регулируется так, чтобы она оставалась в пределах рабочего интервала, и температура на входе служит только дополнительным параметром, в основном, для регулирования наклона

опорной линии помпажа. Поэтому такой способ был выбран для антипомпажного контроллера К-3401.

На основе технических данных (рабочих характеристик) компрессора, предоставленных производителем, были построены эквивалентные рабочие кривые различных режимов работы.

На диаграмме эквивалентных рабочих характеристик компрессора приведен набор опорных рабочих характеристик для различного положения лопаток ВНА при разных температурах на всасе. По этому графику можно построить опорную линию помпажа, соединив точки границы помпажа для разных положений лопаток ВНА при определенной температуре на входе, то есть. 4 линии, охватывающие рабочие режимы рециркуляции (минус 110 °С), максимума (минус 116 °С), минимума (минус 125 °С) и мотора (минус 139 °С).

Вовремя тестирования компрессора было обнаружено, что рабочий режим обычно ограничивался температурой на выходе компрессора, а не отработкой противопомпажной системы. Поэтому опорная линия помпажа базируется на максимальной температуре выхода компрессора.

На рисунке 19 показаны эквивалентные кривые и полученные опорные линии помпажа для четырех основных рабочих режимов, то есть, температур на входе, для случая рециркуляции (-110 °С) доступный рабочий интервал оказывается существенно ограниченным, это является недостатком данного метода расчета точки помпажа.

На рисунке 19 в градусах указано положение лопаток ВНА 0° – максимально открытое положение:

- Recycle – компрессор работает в режиме рециркуляции;
- Max – максимальный расчетный поток;
- Min – минимальный расчетный поток;

- Motor – режим ограниченный только производительностью приводного двигателя.

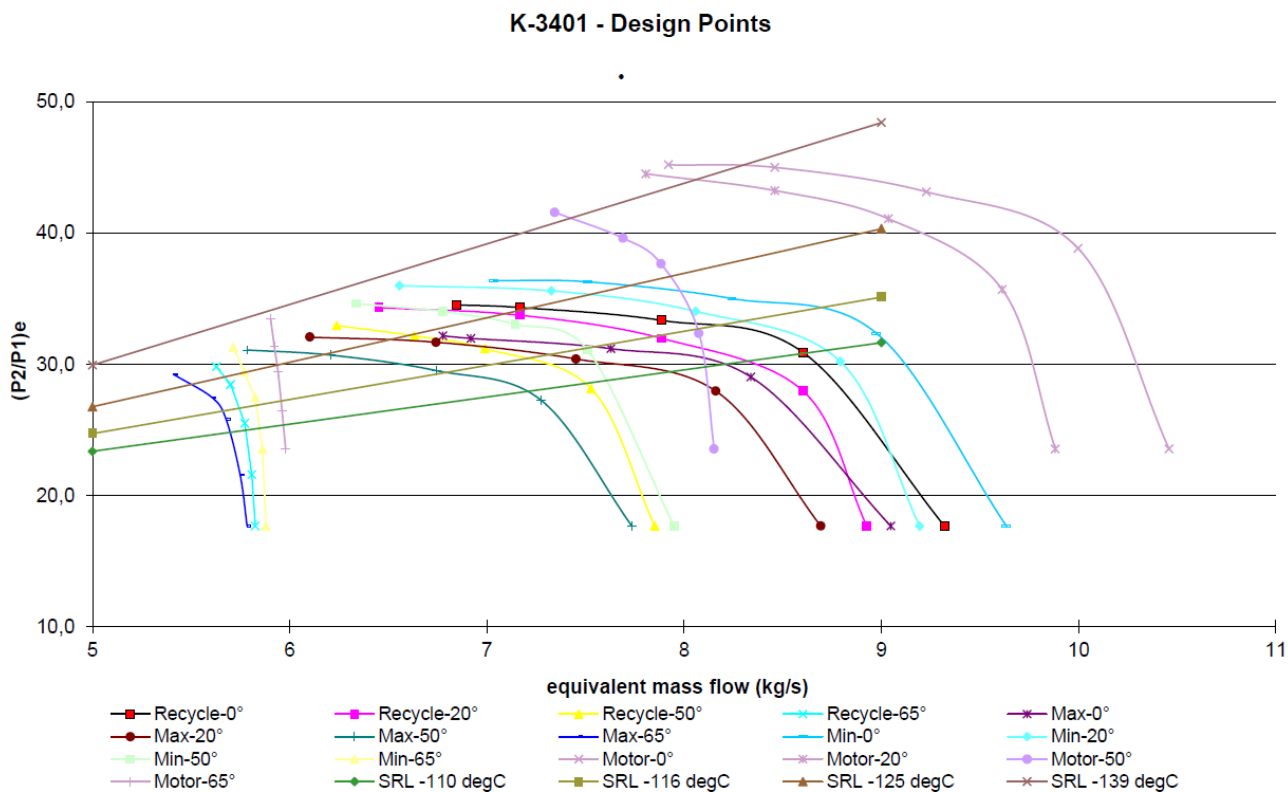


Рисунок 19 – Эквивалентные рабочие характеристики о опорные линии помпажа

Требуемая близость к опорной линии помпажа после этого определяет линию регулирования помпажа (заданное значение регулятора), линию сигнала тревоги для помпажа (задание сигнала тревоги) и линию отключения по помпажу (задание отключения).

На рисунке 20 показана опорная линия помпажа для нормальной температуры на входе, например, максимальный рабочий режим со значением $\alpha=20\%$ и соответствующие кривые регулирования, линии сигнала тревоги и отключения.

Цель системы антипомпажного управления – предотвращение работы КУ в условиях помпажа во всех рабочих режимах. Упрощенная функциональная

схема системы управления КУ представлена в приложении Д (ФЮРА.425280.001.С3.01).

К-3401 - anti-surge control and protection design

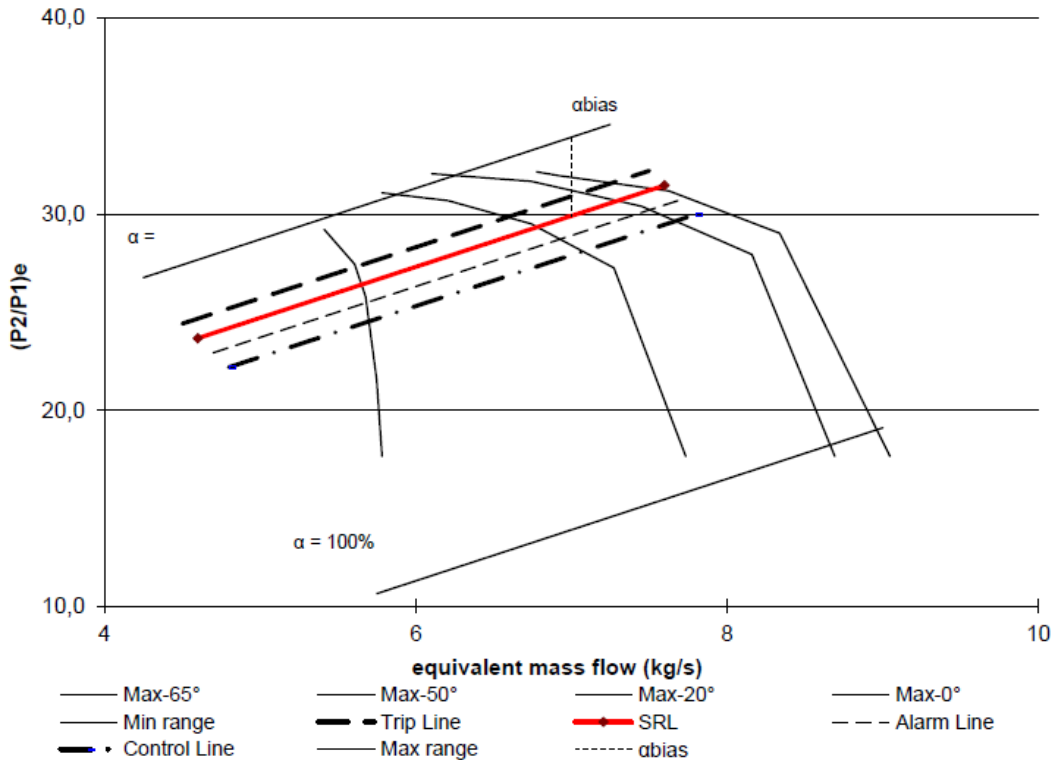


Рисунок 20 – Эквивалентные характеристики, описывающие работу антипомпажного контроллера

Компонент URCA-680XC рассчитывает точку помпажа в рабочем режиме используя следующие данные:

- давление на всасе (PRA-351) и нагнетании (PT-353) компрессора;
- расход на выходе компрессора (FR-351);
- температура на всасе (TCA-351).

URCA-680XC управляет клапанами рециркуляции UCV-681A/B, чтобы удерживать компрессор К-3401 вне зоны помпажа.

Подчиненный контроллер URCA-680-XC2 производит контроль нагрузки на компрессор. Заданное значение (уставка) поступает от селектора наибольшего

значения Y-360. Выбранное значение, между контроллером РС-011 и антипомпажным контроллером URCA680-ХС (плюс смещение на 5% НС-356). Контроллер нагрузки на компрессор, управляет лопатками ВНА, при определенных условиях это может привести к перегрузке приводного двигателя (более 6,95 МВт). Для предотвращения этого сценария был внедрен блок предотвращения перегруза UC-351, который через селектор наименьшего значения Y-359, выбирает сигнал между UC-351 и URCA-680-ХС2 и формирует выход на управление положением лопаток ВНА.

В обычном режиме работы клапаны рециркуляции закрыты за счет сигнала от URCA-680ХС. Однако клапаны рециркуляции можно в любой момент регулировать (только открытие) вручную с помощью НС-351 через селектор верхнего значения (Y-351). Выходной сигнал от Y-351 разделяется, и нижний диапазон (0-X%) управляет клапаном UCV-681А (меньшего размера) после масштабирования разделенного диапазона в Y-356, а верхний диапазон (Y-100%) управляет клапаном UCV-681В (большого размера) после масштабирования разделенного диапазона в Y-355. Между UCV-681А и UCV-681В предусмотрено перекрытие. Клапан UCV-681В открывается до того, как UCV-681А полностью откроется (рис. 21).

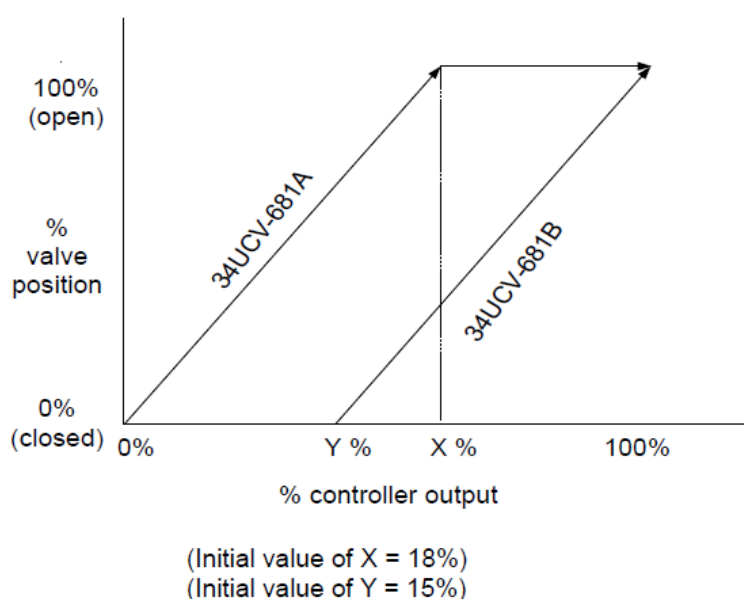


Рисунок 21 – Схема перекрытия работы антипомпажных клапанов

Когда противопомпажные клапаны (UCV-681A/B) оказываются открытыми под управлением противопомпажного регулятора (URCA-680XC), температура всасывания К-3401 быстро повышается за счет рециркуляции горячего газа, и это отрицательно сказывается на параметре помпажа компрессора (повышение температуры всасывания снижает плотность и сдвигает рабочую точку компрессора влево, то есть, ближе к режиму помпажа).

Для сведения к минимуму этого эффекта выходной сигнал противопомпажного регулятора (URCA-680XC) к клапанам рециркуляции, используется также в качестве упреждающего сигнала (Y-354) к клапану управления температурой всасывания (TCV-351) через Y-353. При этом охлаждающий поток СПГ к V-3401 быстро возрастает, не дожидаясь срабатывания относительно «медленного» регулятора температуры (TCA-351)

2.4. Выбор средств реализации автоматизированной системы

Так как модернизация затронула в основном только систему управления анти-помпажа, в данном разделе будут кратко описаны применяемые в КУ средства автоматизации.

2.4.1. Программируемый логический контроллер.

Как было сказано ранее, технологический процесс на производственном комплексе управляется с помощью PCSU Yokogawa Centum VP. Так как одной из основных задач модернизации является интеграция системы управления КУ в существующую распределенную систему управления. Было принято решение отказаться от отдельного контроллера для системы управления КУ, а использовать имеющиеся ресурсы FCS в FAR-4. К недостаткам такого решения

можно отнести достаточно жесткую политику лицензирования компании Yokogawa и закрытость системы, но так как данная система уже работает, используется и обслуживается, эти недостатки можно считать несущественными.

Полевая станция управления (FCS) (рис. 22) поддерживает функции управления в системе PCY. Она осуществляет функции управления, такие как непрерывное управление, последовательное управление, вычисления, как в непрерывном, так и пакетном режиме. Обычно FCS состоит из двух основных частей: модуля FCU, в котором расположено ЦПУ, и блоков NIU, которые работают в качестве интерфейсов между FCU и полевыми устройствами ввода-вывода. В качестве FCU используется модель AFF50D-H41201. В качестве модуля связи Fieldbus используется ALF111-S00. Основные технические характеристики приведены в приложении Ж.

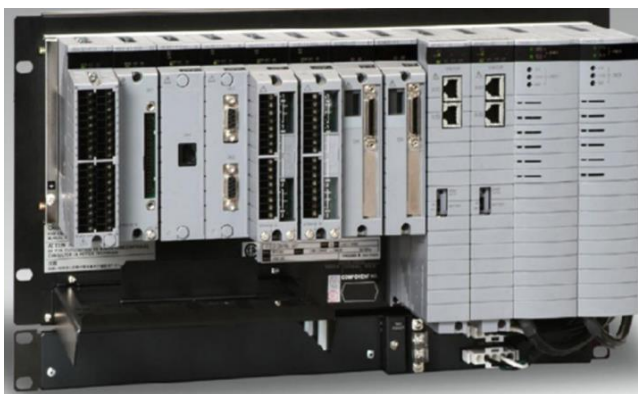


Рисунок 22 – Блок FCS с картами ввода-вывода и интерфейсами связи

2.4.2. Температурные элементы.

Для работы автоматизированной системы необходимо иметь шесть температурных элементов согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложение И).

В качестве чувствительного элемента используется термометр сопротивления платиновый типа Pt100 компании Thermo Electric типа PT100-3WSA (рис. 23) [7].

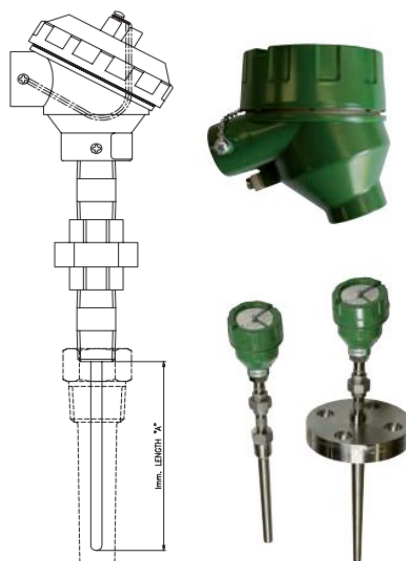


Рисунок 23 – Термометр сопротивления Thermo Electric типа PT100-3WSA

2.4.3. Преобразователи температуры.

Для работы автоматизированной системы необходимо иметь шесть температурных преобразователей согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложение И).

В качестве преобразователя температуры используется изделие компании Yokogawa серии YTA320 (рис. 24). Выходным сигналом данного преобразователя является цифровой протокол Fieldbus. Основные технические характеристики приведены в приложении К.

К особенностям данного прибора, можно отнести:

- высокая точность и надежность;
- двухсекционный корпус, удовлетворяет требованиям безопасности SIL2;

- несколько типов входных сигналов (термопары, термометры сопротивлений);
- возможность использовать протоколы Hart, Fieldbus;
- непрерывная самодиагностика.



Рисунок 24 – Преобразователь температуры Yokogawa серии YTA320

2.4.4. Манометры.

Согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложение И), установлено два прибора измерения давления – манометры, для визуального контроля параметров эксплуатационным персоналом. В качестве таких приборов используются манометры компании WIKA с трубчатой пружиной (Bourdon Tube) (рис. 25). Основные технические характеристики приведены в приложении Л.



Рисунок 25 – Манометр WIKA серии 233.30.100

2.4.5. Преобразователи давления.

Для работы автоматизированной системы необходимо иметь три преобразователя избыточного давления, и три преобразователя дифференциального давления (для измерения расхода и уровня), согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложении И).

В качестве преобразователя избыточного давления используется прибор компании Yokogawa серии EJA430A (рис. 26). Выходным сигналом данного преобразователя является цифровой протокол Fieldbus.



Рисунок 26 – Датчик избыточного давления Yokogawa серии EJA430A

К особенностям данного прибора, можно отнести использование полностью цифрового сенсора – технология DP harp, высочайшую стабильность в пределах 0,1% за пять лет, точность 0,065%.

Технология DP harp (Differential Pressure High Accuracy Resonant Pressure sensor), работает по принципу двух резонирующих элементов на которые подается измеряемое давление. При подаче давления частота одного элемента увеличивается, а другого уменьшается, разница обрабатывается микропроцессором и преобразуется в измеряемую величину (рис. 27).

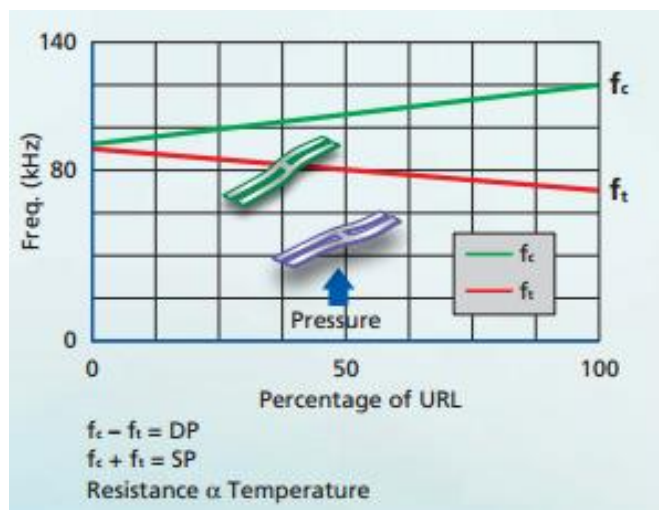


Рисунок 27 – График принципа работы DP harp

В качестве преобразователя дифференциального давления используется прибор компании Yokogawa серии EJA110A (рис. 28). Выходным сигналом данного преобразователя является цифровой протокол Fieldbus.



Рисунок 28 – Датчик перепада давления Yokogawa серии EJA110A

К его особенностям можно отнести те же преимущества, что и у серии EJA430A.

2.4.6 Преобразователь расхода

Для работы автоматизированной системы необходимо иметь два преобразователя расхода для измерения потока СПГ и два сужающих устройства

(диафрагмы), которые будут измерять поток газообразной среды и работать вместе с преобразователями дифференциального давления, согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложение И).

В качестве измерителей расхода СПГ используются вихревые расходомеры Yokogawa серии DY080 разнесенного типа (см. рис. 29), для более удобного считывания показаний эксплуатационным персоналом.

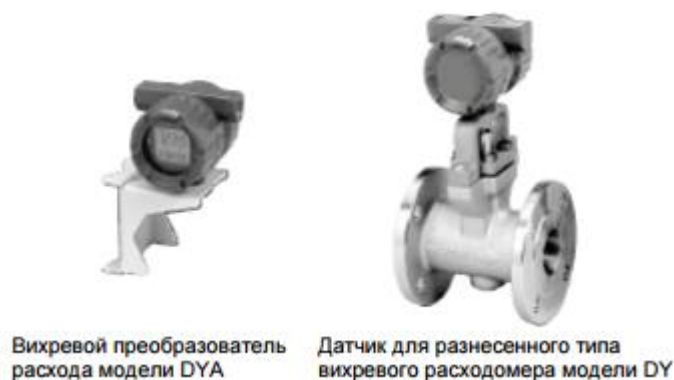


Рисунок 29 – Вихревой расходомер Yokogawa серии DY разнесенного типа

К особенностям можно отнести:

- высокая стабильность измерений даже на низких расходах;
- самодиагностика;
- высокая точность 0,75% (жидкость);
- криогенное исполнение.

В качестве измерителей расхода газообразной среды используем сужающее устройство (диафрагму) и ранее выбранные преобразователи перепада давления EJA110A которые поддерживают режим работы с сужающими устройствами. Размеры и внешний вид сужающих устройств представлены в приложении М.

2.4.7 Исполнительные устройства

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

Для работы автоматизированной системы необходимо иметь шесть регулирующих клапанов, и один привод для регулирования лопаток ВНА, согласно схеме автоматизации и сводной таблице приборов КИП (приложение И).

В описанной системе необходимо регулировать уровень, температуру, давление, расход и режим работы компрессора. Все эти контуры регулирования организованы при помощи регулирующих клапанов на тех или иных линиях, а также поворотом лопаток ВНА.

В качестве исполнительного механизма для регулировки температуры, уровня и расхода используется клапан Fisher серии EZ-C, а для регулировки давления клапан Fisher серии ET-C с пневматическим мембранным пружинным приводом Fisher (рис. 30) [8].

Главным отличием этих серий являются регулировочные характеристики:

- ET-C – равнопроцентная, линейная;
- EZ-C – равнопроцентная, линейная, быстрое открытие.

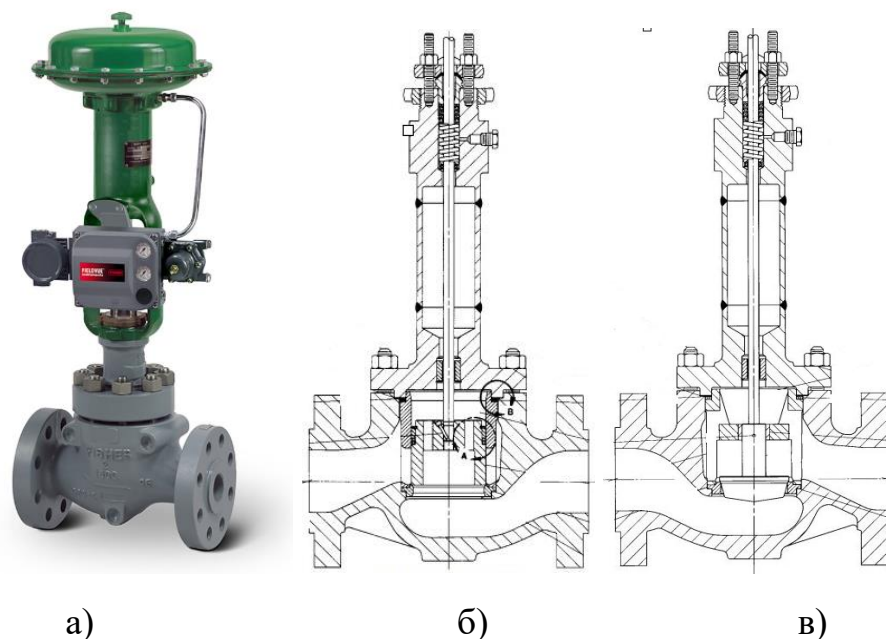


Рисунок 30 – а) клапан Fisher с мембранным пневматическим приводом;
 б) рабочая часть клапана серии ET-C в разрезе;
 в) рабочая часть клапана серии EZ-C в разрезе.

Для более точного позиционирования исполнительного органа используется цифровой контроллер клапанов Fisher FIELDVUE DVC6200 (рис. 31).



Рисунок 31 – Цифровой контроллер клапанов Fisher FIELDVUE DVC6200

Работу привода можно коротко описать следующим образом, сигнал из контроллера поступает на цифровой контроллер клапана, который по обратной (механической или магнитной) связи определяет положение клапана и в соответствии с заданием преобразует токовый сигнал в пневматический.

Перемещение штока клапана происходит за счет подачи сжатого воздуха от цифрового контроллера клапана на диафрагму, на рисунке 32 показан привод

с подпружиненной нижней частью диафрагмы. Этот тип требует нагнетания давления только в верхнюю область (на закрытие), открывается же клапан под действием пружины.

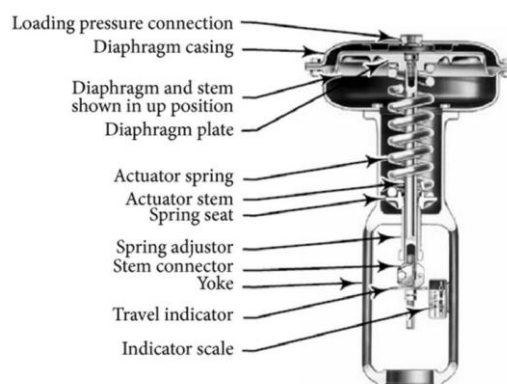


Рисунок 32 – Привод с подпружиненной нижней частью диафрагмы.

Для антипомпажного управления используются клапаны Severn Glocon серии 5000 разного размера – один меньше другого. В качестве позиционирующего устройства используется контроллер клапанов Siemens серии PS2, внешний вид установленных клапанов с обвязкой представлен на рисунке 33. Данный вид клапанов отличается большим быстродействием.



а)

б)

Рисунок 33 – Клапаны антипомпажного управления: а) UCV681A – с меньшей пропускной способностью; б) UCV681B – с большей пропускной способностью.

Одними из главных этапов модернизации, является установка ВНА. В исходной конструкции компрессора не было входного направляющего аппарата (рис. 34). Поставщик предлагал их в качестве возможного варианта. Основная задача ВНА существенно улучшить рабочий диапазон КУ.

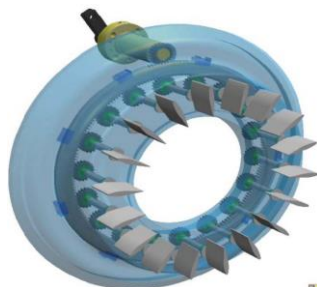


Рисунок 34 – Типовое исполнение ВНА для центробежного компрессора.

В качестве привода будет использоваться пневматический поршневой привод двустороннего действия Fisher серии 3030. На рис. 35 приведены привод в разрезе, а также схема подключения к пневматической линии. В качестве позиционирующего устройства будем использовать ранее выбранный цифровой контроллер клапана Fisher FIELDVUE DVC6200, который обеспечит заданную точность перемещения механической части ВНА.

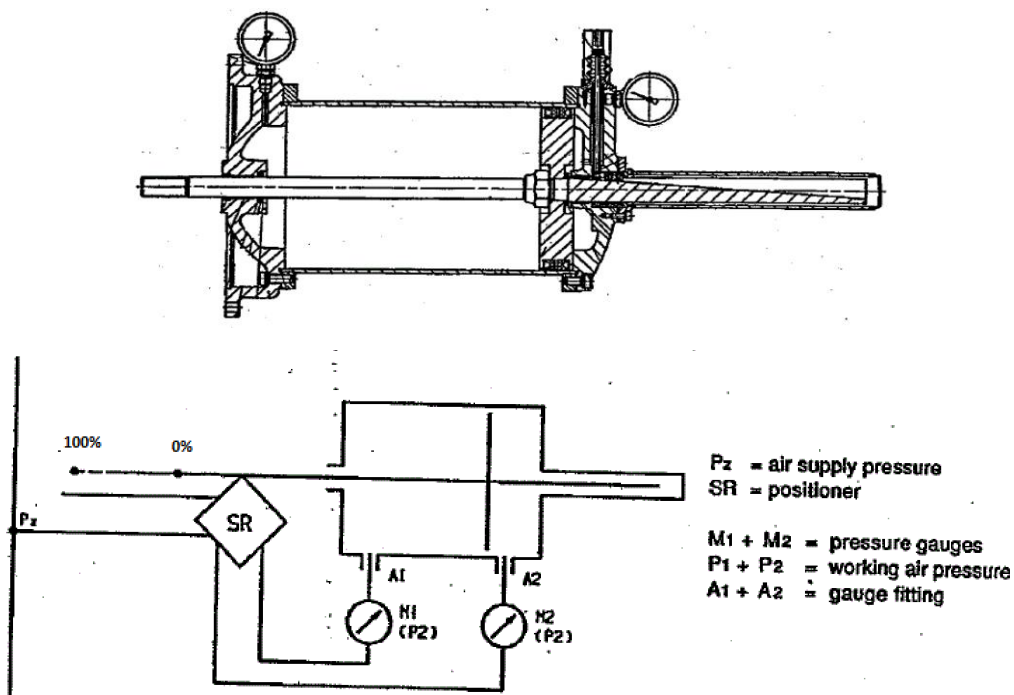


Рисунок 35 – Привод Fisher серии 3030 и схема его подключения

2.5 Разработка алгоритмов управления

Порядок работы регуляторов был подробно описан при разработке схемы автоматизации, порядок их работы можно по-другому назвать – алгоритмом.

Разработаем в соответствии с правилами ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) несколько алгоритмов (приложение Н (ФЮРА.425280.001.ПБ.01-02)):

- алгоритм обработки данных с датчика ТТ343;
- алгоритм выбора управляющего воздействия для клапанов TCV351 и LCV342.

Подробно разберем алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром, для примера возьмем регулировку температуры на всасывающем патрубке компрессора. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования. Охлаждение поступающего газа в емкости подобно работе теплообменника, поэтому далее в этой главе будем называть эту емкость теплообменником [9].

Процесс регулирования температуры после теплообменника можно показать на схеме (рис. 36)

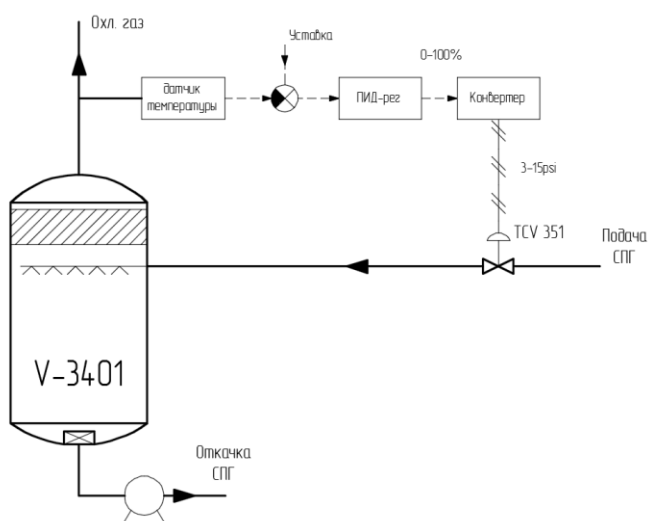


Рисунок 36 – Схема регулирования температуры

В общем виде математическое описание процесса регулирования можно представить в виде следующей структурной схемы (рис. 37).

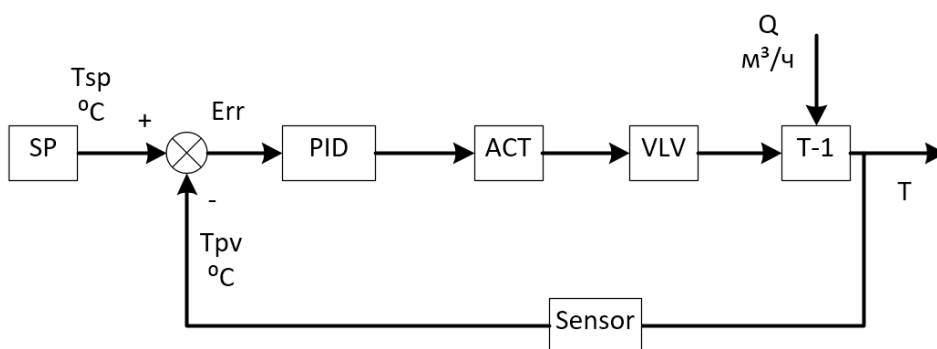


Рисунок 37 – Структурная схема одноконтурной САР температуры

На схеме:

SP (Set Point) – задание (уставка).

PID – Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор;

ACT – пневматический привод клапана (усилитель мощности);

VLV – исполнительный механизм (клапан);

Sensor – датчик температуры;

Q – возмущающее воздействие (расход охлажденного газа через компрессор);

T-1 – объект управления (коллектор на всасе).

Итак, необходимые данные для моделирования теплообменного процесса в емкости, клапана, датчика [9]:

- постоянная времени теплообменника: $T_{T1} = 650 \text{ с}$;
- охлаждающая способность теплообменника: $Fr = 8,5 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{кг} / \text{с}}$;

- влияние изменения расхода продукта на охлаждающую способность теплообменника: $Fr_{\text{var}} = 3 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{кг} / \text{с}}$;
- максимальная пропускная способность клапана: $C = 10512 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 1,92 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$;
- постоянная времени клапана: $T_{\text{vlv}} = 3 \text{ с}$;
- диапазон измерения сенсора температуры (минус 200 – 50 °C): $R = 250^{\circ}\text{C}$;
- постоянная времени датчика: $T_s = 2 \text{ с}$;
- передаточная функция теплообменника описывается аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием

$$W_{T1}(s) = \frac{Fr \cdot e^{-\tau s}}{T_{T1}s + 1} = \frac{8,5}{650s + 1}; \quad (1)$$

- передаточная функция клапана описывается аperiodическим звеном первого порядка

$$W_{\text{vlv}}(s) = \frac{k_{\text{vlv}}}{T_{\text{vlv}}s + 1} = \frac{1,92 / 12}{3s + 1} = \frac{0,16}{3s + 1}; \quad (2)$$

- пневматический привод заменим усилителем с коэффициентом усиления

$$k_p = \frac{12}{100} = 0,12; \quad (3)$$

- передаточная функция возмущающего воздействия описывается аperiodическим звеном первого порядка

$$W_Q(s) = \frac{Fr_{\text{var}}}{T_{T1}s + 1} = \frac{3}{650s + 1}; \quad (4)$$

➤ передаточная функция датчика температуры

$$W_s(s) = \frac{100 / 250}{T_s s + 1} = \frac{0,4}{2s + 1} \quad (5)$$

Теперь имея все необходимые данные строим модель в Matlab Simulink (рис.38) и оцениваем ее поведение на изменение уставки и возмущающего воздействия при коэффициентах регулятора подобранных в автоматическом режиме (приложение П). Из представленного в приложении Р графика, можно сделать вывод, что для снижения температуры от 0 до менее минус 120 °С понадобится около 1000 секунд, при расходе 5 кг/с, при большем значении расхода время увеличится. Можно отметить перерегулирование в пределах 10% и отсутствие статической ошибки.

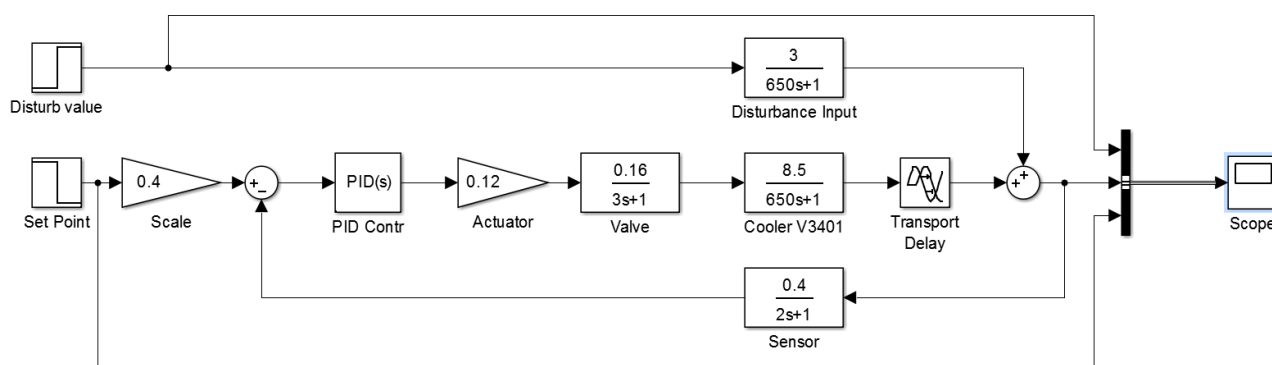


Рисунок 38 – Модель регулирования температуры в Simulink

2.6 Резервирование и надежность системы управления

Технологическим процессом управляет РСУ, важнейшими узлами которой являются полевые станции управления (FCS).

FCS подключается к технологической установке напрямую, поэтому она должна иметь высокую производительность, точность и конечно надежность.

В стандартных системах FCS карты ЦПУ, соединителей V-net, источников питания, шинных интерфейсов, шинных соединителей и шин внутренних узлов выполнены резервированными. Сдвоенные (резервированные) карты процессоров (один – рабочий, другой – резервный) могут переключаться из активного состояния в режим ожидания, не прерывая процесс управления. (рис. 39)

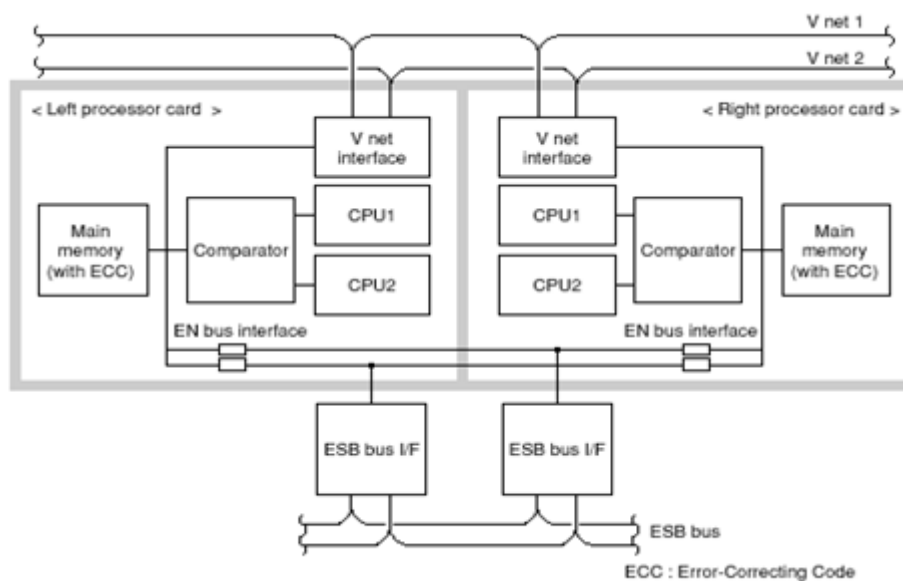


Рисунок 39 – Стандартная схема резервирования FCU

Методика резервирования карт с ЦПУ:

- на каждой процессорной карте имеется два процессора. Каждый процессор выполняет одинаковые операции по управлению процессом, и их результаты сравниваются друг с другом. Если результаты одинаковые, считается, что карта исправна, и результаты передаются в память и карту шинного интерфейса. Основная память использует код ECC (код с коррекцией ошибок), который может исправлять одиночные ошибки в разряде;
- если результаты двух процессоров ЦПУ (CPU1 и CPU2) не совпадают, компаратор принимает решение об ошибке ЦПУ (“CPU abnormal”) и переключается на резервную карту;

- сторожевой таймер используется для обнаружения неисправности активной процессорной карты, что приводит к переключению на резервную процессорную карту;
- резервная процессорная карта выполняет те же вычисления, что и активная. При переключении резервной карты в активный режим результаты ее вычислений будут переданы на сетевой интерфейс без перерыва в управлении;
- если на карте ЦПУ обнаружена ошибка «CPU abnormal», начинается тест самодиагностики, если аппаратная часть карты исправна, ошибка обрабатывается как разовая, и карта переводится из «нерабочего» состояния в режим резервирования.

Две интерфейсные карты шины ESB устанавливаются в FCU, образуя резервированную систему. Эти две карты управляются ПО, находящимся в активном ЦПУ, которое распознает их состояние: активное и резервное. Обычно карта на стороне активного ЦПУ имеет активный статус, а другая карта – находится в режиме ожидания. Карта в активном состоянии является ведущим устройством шины ESB и взаимодействует с устройствами узла (NIU). Резервированные шины ESB используются поочередно: при выходе из строя одной шины будет использоваться другая. Неисправная шина периодически тестируется с целью проконтролировать, не вернулась ли она в рабочее состояние [3].

2.7 Разработка программного обеспечения для ПЛК и экранных форм

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

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

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

В системе Centum VP контуры управления содержат один или несколько функциональных блоков, которые связаны с одним или несколькими схемами управления. Каждый из этих функциональных блоков имеет определенное назначение и содержит ряд элементов данных, которые отображают значения входов и выходов, пороги сигнализации, уставки, настройки ПИД-регуляторов и т.д. Каждый функциональный блок имеет ряд параметров, которые должны быть определены в спецификации блока с помощью программы-построителя инженерной станции (ENG/HIS). Значения параметров заданы по умолчанию для каждого типа функциональных блоков системы в качестве стандартных настроек. Эти настройки соответствуют общим требованиям. За исключением особых случаев, указанных в базе данных измерительных приборов или в описании управления, должны применяться стандартные значения. Точные значения настроечных параметров остаются неизвестными до начала пуско-наладочных работ. Параметры управления задаются в функциональном блоке на схемах управления [3].

Приведем несколько типовых программных решений. На рисунке 40 представлена схема селектора верхнего значения выходного сигнала регулятора.

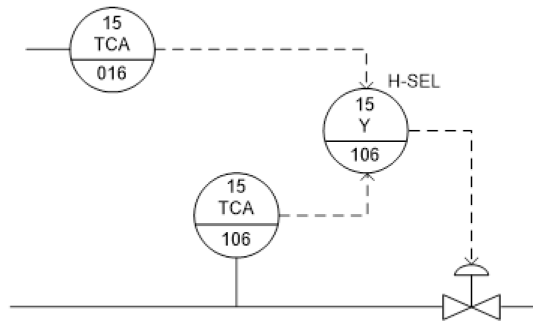


Рисунок 40 – Функциональная схема селектора верхнего значения

Данный типовой контур выбирает верхнее значение выходного сигнала двух блоков и выдает это значение на полевое устройство или вторичный функциональный блок. Это достигается путем использования блока AS-H (автоматический селектор верхнего значения). Если количество сигналов больше трех, необходимо использовать дополнительный автоматический селектор. На рисунке 41 представлена программа селектора наибольшего значения.

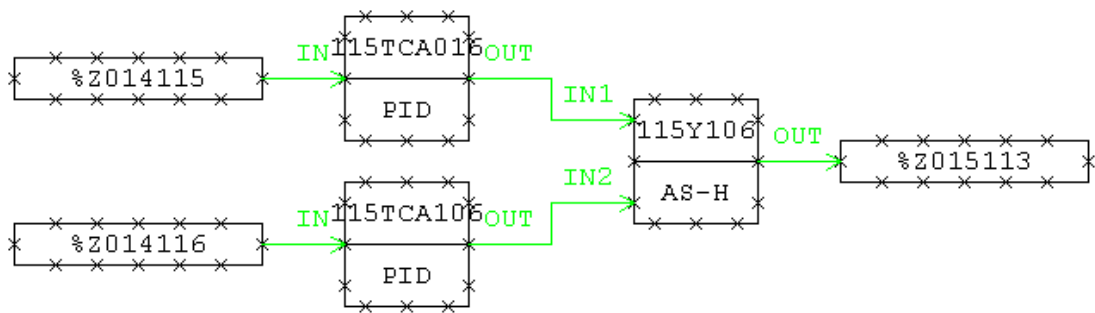


Рисунок 41 – Пример программы селектора наибольшего значения

Рассмотрим еще одно типовое решение, теперь для ручного переключателя (рис. 42).

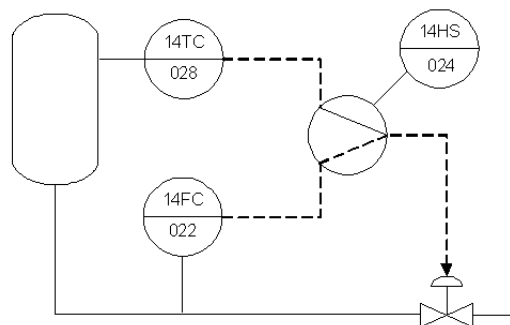


Рисунок 42 – Функциональная схема ручного переключателя

Данный типовой контур позволяет оператору вручную выбирать один из двух регуляторов. Это выполняется с помощью функционального блока AS-M. Интерфейс оператора состоит из функционального блока PBS5C, который используется для выбора одного из двух регуляторов. Соответствующий выбранный регулятор будет показан меткой кнопки переключателя. Связь между PBS5C и AS-M выполнена на основе блока ST16. На рисунке 43 показан пример программы.

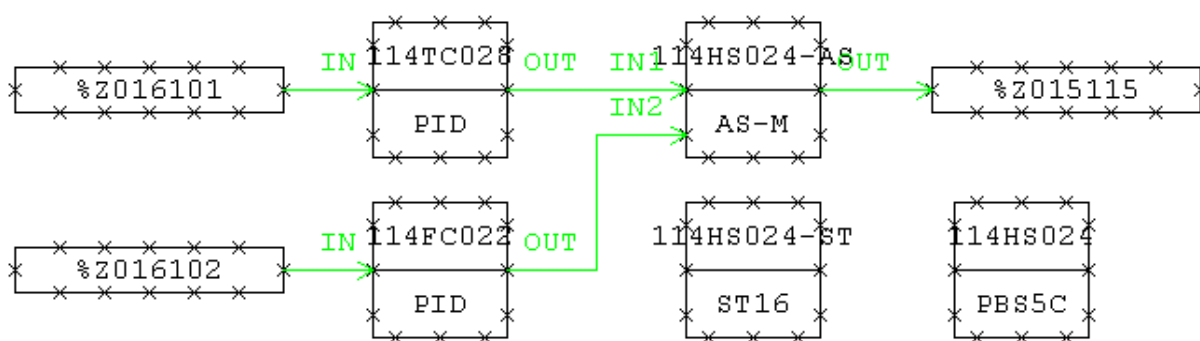


Рисунок 43 – Пример программы ручного переключателя

Экранные формы в современной системе управления являются ключевым звеном «общения» между персоналом и системой. В используемой РСУ в качестве рабочей станции оператора используется Windows машина с мониторами повышенного разрешения и специальными клавиатурами, позволяющими быстро переключаться между экранными формами (рис. 44).



Рисунок 44 – Рабочие станции оператора и специальная клавиатура

Экранные формы разрабатываются в том же пакете программного обеспечения компании Yokogawa на инженерных станциях. Пример

построенной экранной формы, а также дерево экранных форм для модернизированной КУ представлен в приложении С (ФЮРА.425280.001.ПБ.03).

2.8 Разработка схемы внешних проводов

Из схем автоматизации и выбранного оборудования, можно сделать вывод, что львиная доля средств автоматизации связана цифровым протоколом Fieldbus, включая установленное устройство позиционирования для привода ВНА. Поэтому в данном подразделе рассмотрим лишь требования к данному типу соединения.

Приведенный ниже рисунок 45 показывает типичную схему концепции подключения системы управления на основе Fieldbus протокола.

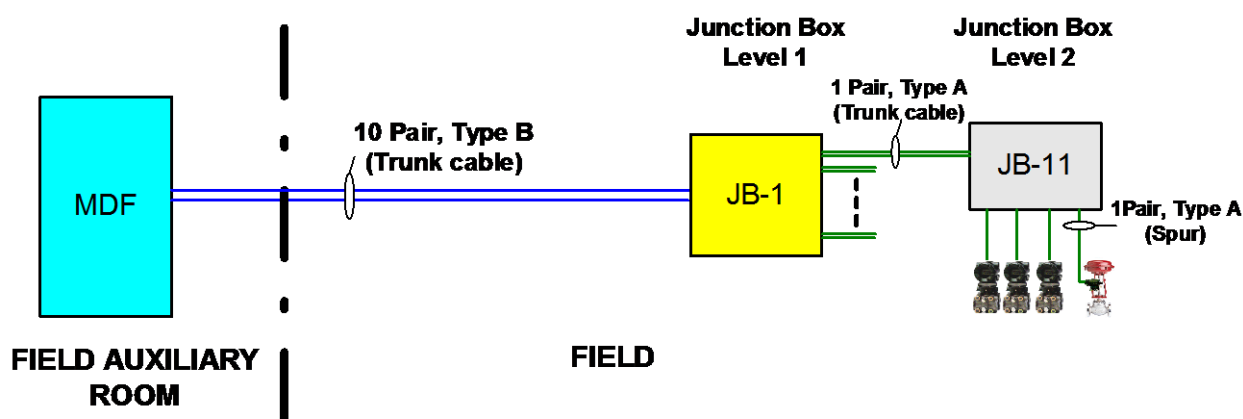


Рисунок 45 – Типичная схема подключения на основе Fieldbus

Главная распределительная стойка (MDF) в местном помещении управления подключается к соединительным коробкам с помощью кабеля с двумя парами жил. Две пары кабеля являются резервными от соединительной коробки первого уровня (JB-1). Как показано на рисунке, необходимо наличие двух уровней соединительных коробок:

- Соединительные коробки первого уровня – кабель с десятью парами, пришедший от главной распределительной стойки в местном помещении

управления, подключается к этим соединительным коробкам, отдельные парные кабели идут далее к соединительным коробкам второго уровня (JB-11).

- Соединительные коробки второго уровня – отдельные двужильные кабели от соединительной коробки первого уровня подключены к клеммам соединительной коробки второго уровня. Оттуда к каждому полевому устройству сегмента будет отводиться свой кабель. Длина отводов должна быть минимальной, поэтому соединительные коробки второго уровня должны располагаться как можно ближе к устройствам на объекте.

Данная схема соответствует древовидной топологии подключения, изображенной на рисунке 46.

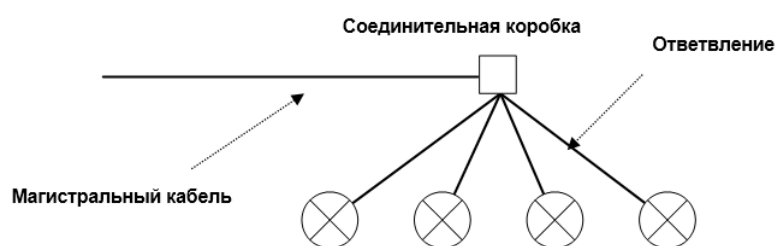


Рисунок 46 – Древовидная топология подключения

Кабельные экраны группируются в шкафах главной распределительной стойки и заземляются в местном помещении управления. Экраны кабелей не заземляются со стороны полевых устройств. В начале и конце сегмента устанавливаются терминаторы, которые необходимы для поддержания необходимого волнового сопротивления [3].

Требования к длине кабеля и его типу. Для использования в Fieldbus согласно ISA S50.02 определены 4 типа кабелей: А, В, С и D. Кабели имеют различные физические характеристики и поэтому влияют на величину максимально допустимой длины. В таблице 1 приведены типы используемых кабелей.

Таблица 1 – Типы используемых кабелей для полевой шины Fieldbus

Тип кабеля	Макс. длина кабеля (м)	Площадь поперечного сечения (AWG)	Сопротивление (Ом/км)	Описание
A	1900	0,8 мм ² (#18)	22	Витые пары с раздельным экраном
B	1200	0,32 мм ² (#22)	56	Несколько витых пар с общим экраном
C	400	0,13 мм ² (#26)	132	Несколько витых пар без экрана
D	200	1,25 мм ² (#16)	20	Многожильный провод, без объединения в пары.

Максимально допустимая длина кабеля сегмента при использовании кабеля типа А равна 1900 м. Общая длина сегмента вычисляется путем сложения длин магистрального кабеля и отводящих ветвей сегмента. Следует заметить, что упомянутая выше длина относится к сегментам общего назначения и может меняться в зависимости от выбранного типа кабеля. Если требуется, чтобы сегмент имел большую длину, необходимо использовать повторитель. Согласно требованиям стандарта ISA S50.02, часть 2, рекомендуемая длина ответвлений следующая (таблица 2):

Таблица 2 – Рекомендуемая длина ответвлений сегмента

Общее число устройств	Рекомендуемая максимальная длина ответвления (м)
25-32	менее 1 м
19-24	30 м
15-18	60 м
13-14	90 м
1-12	120 м

Пример схемы внешних проводок, представлена в приложении Т (ФЮРА.425280.001.С4.01).

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т22	Масалову Алексею Михайловичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 АТПП

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разделение НИР на этапы, составление графика работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка технико-экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.12.2016г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Данков Артем Георгиевич	К. И. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т22	Масалов Алексей Михайлович		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве предлагаемой и внедряемой разработки описывается модернизация системы управления компрессора отпарного газа на заводе по сжижению природного газа, система управления должна быть интегрирована в РСУ предприятия. Данная система направлена на использование только на компрессоре определенного типа при определенных условиях эксплуатации. С точки зрения потребителя данной разработки может рассматриваться только данное предприятие. Одной из главных причин модернизации является, необходимость более широкого регулирования работы данного компрессора и обеспечение бесперебойной работы в безопасных режимах, что является ключевым фактором в производительности всего завода в целом.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для проведения и систематизации анализов используют специальные оценочные карты, представленные в виде таблицы с различными критериями оценки разработки и их экспертной оценки.

Сначала выбирают критерии, по которым будет производиться оценка и сравнение конкурентных разработок. В качестве конкурентов нашей разработки (Ф) выберем систему управления компрессором на отдельном контроллере (K_1) и систему управления на отдельном контроллере без установленного ВНА (K_2).

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [10].

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (6)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,11	5	3	3	0,55	0,33	0,33
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	5	4	3	0,65	0,52	0,39
3. Помехоустойчивость	0,021	5	3	3	0,105	0,063	0,063
4. Энергоэкономичность	0,02	5	3	3	0,1	0,06	0,06
5. Надежность	0,061	5	3	3	0,305	0,0183	0,0183
6. Уровень шума	0,037	3	3	5	0,111	0,111	0,185
7. Безопасность	0,084	5	4	4	0,42	0,336	0,336
8. Потребность в ресурсах памяти	0,034	5	3	3	0,17	0,102	0,102
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,068	4	3	3	0,256	0,204	0,204
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,052	4	5	5	0,208	0,26	0,26
11. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,071	5	4	4	0,355	0,284	0,284
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
2. Уровень проникновения на рынок	0,075	1	1	1	0,075	0,075	0,075

Продолжение таблицы 3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
3. Цена	0,055	4	3	5	0,22	0,165	0,45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,042	4	4	4	0,18	0,168	0,168
5. Послепродажное обслуживание	0,012	5	3	3	0,06	0,036	0,036
6. Финансирование научной разработки	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
7. Срок выхода на рынок	0,011	4	3	3	0,044	0,033	0,033
8. Наличие сертификации разработки	0,007	5	3	3	0,035	0,021	0,021
Итого	1				4,35	3,206 3	3,3453

Конкурентоспособность сравниваемых разработок:

$$K_{\phi\Sigma} = 4,35;$$

$$K_{K_1\Sigma} = 3,2063;$$

$$K_{K_2\Sigma} = 3,3453.$$

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что наша разработка имеет больше преимуществ, но имеет не лучший интерфейс и не самую низкую стоимость по сравнению с выбранными конкурентами. Так как данная модернизация преследует цель интеграции системы управления и в конечном итоге повышения надежности работы и производительности производственных линий – именно это будет решающим фактором применения данного решения.

3.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки

и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект [10].

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины различных показателей.

Для проведения процедуры QuaD определим вес выбранных критериев, поставим баллы критериев и произведем расчеты относительного и средневзвешенного значения, по которым можно будет судить о перспективности разработки.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [10].

Для удобства оценки все данные занесем в оценочную карту, представленную в виде таблицы.

Оценочная карта по технологии QuaD представлена в таблице 4

Таблица 4 – Оценочная карта по технологии QuaD.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,02	90	100	0,9	0,018
2. Помехоустойчивость	0,021	60	100	0,6	0,0126
3. Надежность	0,061	90	100	0,9	0,0549
4. Унифицированность	0,1	90	100	0,9	0,09
5. Уровень материалоемкости разработки	0,046	80	100	0,8	0,0368
6. Уровень шума	0,037	60	100	0,6	0,0222
7. Безопасность	0,084	80	100	0,8	0,0672
8. Потребность в ресурсах памяти	0,034	80	100	0,8	0,0272
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,068	90	100	0,9	0,0612
10. Простота эксплуатации	0,13	80	100	0,8	0,104

Продолжение таблицы 4

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,052	60	100	0,6	0,0312
12. Ремонтопригодность	0,045	80	100	0,8	0,036
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,09	60	100	0,6	0,054
14. Уровень проникновения на рынок	0,075	20	100	0,2	0,0015
15. Перспективность рынка	0,032	30	100	0,3	0,0096
16. Цена	0,055	70	100	0,7	0,0358
17. Послепродажное обслуживание	0,012	90	100	0,9	0,0108
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,02	70	100	0,7	0,014
19. Срок выхода на рынок	0,011	80	100	0,8	0,0088
20. Наличие сертификации разработки	0,007	80	100	0,8	0,0056
Итого	1				0,718

Для определения относительного значения показателя качества и перспективности научной разработки необходимо найти отношение каждого из показателей к максимальному значению в баллах. Средневзвешенное же значение показателя качества и перспективности научной разработки определяется произведением относительного значения и каждого веса критерия.

Результатом анализа по технологии QuaD будет являться общее средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки P_{cp} , которое определяется как сумма всех средневзвешенных значений по каждому критерию оценки.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 1 до 0,8, то такая разработка считается перспективной. Если от 0,79 до 0,6 – то перспективность выше среднего. Если от 0,69 до 0,4 – то перспективность

средняя. Если от 0,39 до 0,2 – то перспективность ниже среднего. Если 0,19 и ниже – то перспективность крайне низкая [10].

Согласно анализу по технологии QuaD перспективность разрабатываемой системы выше среднего. Это говорит о целесообразности инвестиций.

3.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [10].

Данный анализ включает в себя несколько этапов.

На первом этапе рассматриваются сильные и слабые стороны проекта, которые влияют на появление возможностей и угроз для реализации проекта.

1) Сильные стороны – это факторы, которые говорят об отличительных достоинствах проекта и являются особенными с точки зрения конкуренции.

2) Слабые стороны – это факторы, которые говорят о недостатках, научно-исследовательского проекта.

3) Возможности – это факторы, которые определяют ситуацию в действительном или будущем. Возможности позволяют поддерживать спрос и улучшать свою конкурентоспособность.

4) Угрозы – это факторы, которые определяют нежелательные ситуации для проекта. Они имеют пагубный характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Второй этап SWOT-анализа состоит в определении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями

взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить [10].

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.

Таблица 5. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	B1	+	-	-
	B2	-	+	+
	B3	-	+	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3
	B1	+	+	-
	B2	0	+	+
	B3	-	+	-
Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	+	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	-	-
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3
	У1	+	+	-
	У2	0	0	-
	У3	-	+	+

Анализ полученных данных представлен в виде записи сильно взаимосвязанных сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д.

Рассмотрев эти сильные взаимосвязи необходимо сделать соответствующие выводы и принять корректирующие действия. Итоговая таблица SWOT-анализа представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Повышенные надежности С2. Низкие затраты на создание С3. Реальная платформа для создания проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющие учесть недостатки подобных систем Сл2. Отсутствие опыта построения таких систем Сл3. Проведение испытаний только на реальном оборудовании
Возможности: В1. Применение данного решения в других областях промышленности В2. Снижение стоимости за счет использования оборудования предприятия В3. Снижение стоимости за счет использования ПО и лицензий предприятия	В1(С1); В2(С2С3); В3(С2С3).	В1(Сл.1Сл.2); В2(Сл.2Сл.3); В3(Сл.2).
Угрозы: У1. Отсутствие желаемого эффекта У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У3. Нехватка средств для реализации проекта	У1(С1).	У1(Сл.1Сл.2); У3(Сл.2Сл.3).

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований [10].

При выполнении научного исследования создается рабочая группа, в которую научные сотрудники, преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. Каждый исполнитель, согласно своей должности, отвечает за ту или иную работу.

Настоящая работа имеет следующий штат исполнителей:

- 1) Разработчик проекта - слесарь КИПиА (исполнитель-И);
- 2) Руководитель проекта – инженер КИПиА (научный руководитель-НР).

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Распределение исполнителей по видам работ.

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100%; И – 20%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30%; И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100%; И – 40%
Оценка альтернативного решения	НР, И	НР – 20%; И – 100%
Получение исходных данных	И	И – 100%
Разработка схем автоматизации	НР, И	НР – 40%; И – 100%
Разработка алгоритмов работы	НР,И	НР – 40%; И – 100%
Моделирование регулятора	И	И – 100%
Выбор средств автоматизации	НР, И	НР – 30%; И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60%; И – 100%

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Затраты на труд, как правило занимают большую часть стоимости разработки, поэтому важным этапом является определение трудоемкости работ всех участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости воспользуемся формулой [10]:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (7)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{ВН}}} K_{\text{Д}} \quad (8)$$

где

$t_{\text{ож}}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних на соблюдение предварительно определенных длительностей, в рамках данной ВКР установим $K_{\text{ВН}} = 1$;

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем $K_D = 1,1$.

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В нашем случае наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [10].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

где

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определим по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (10)$$

где

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Тогда

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения занесем в таблицу.

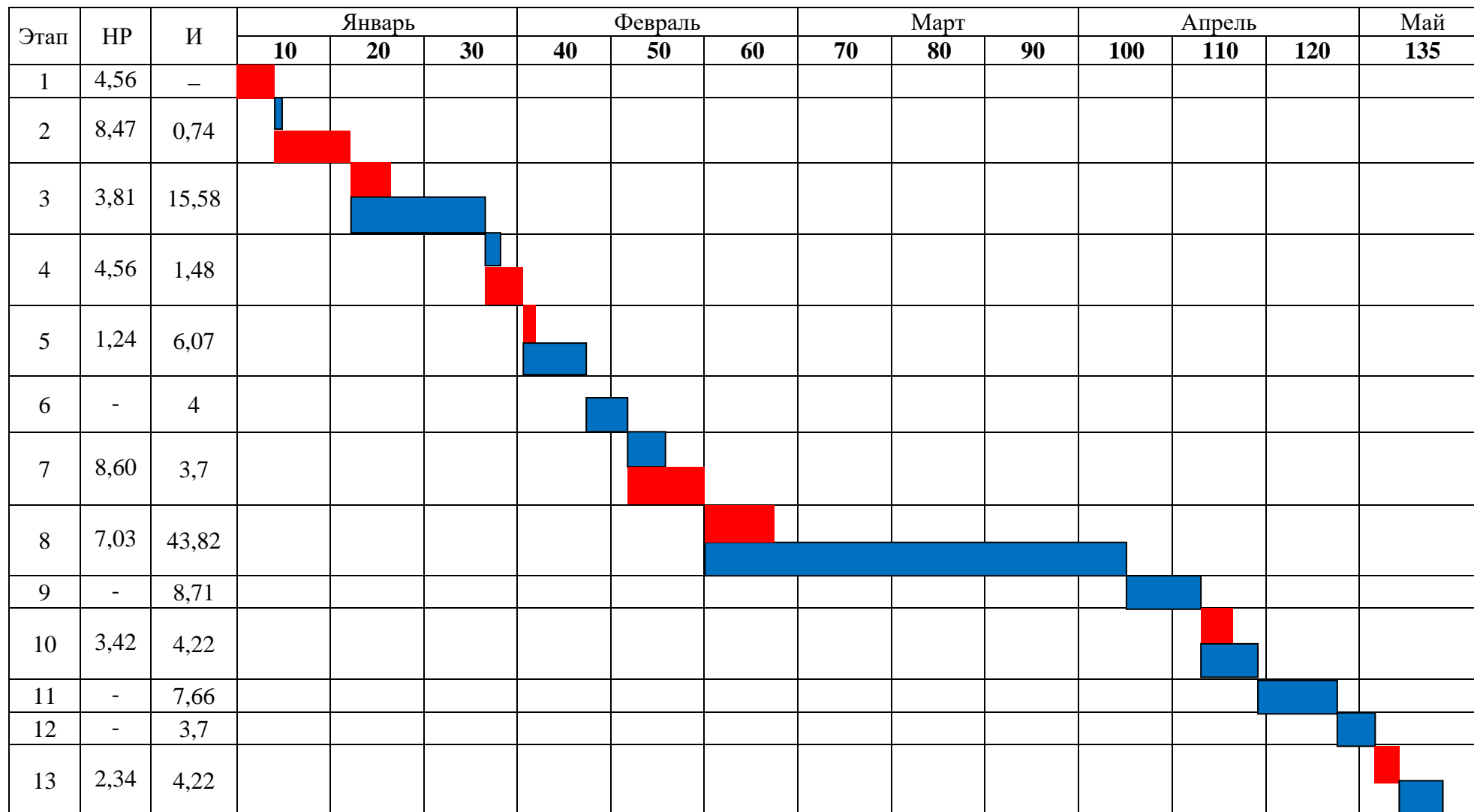
Временные показатели проведения научного исследования представлены в таблице 6.

На основе таблицы 8 построим диаграмму Ганта. Диаграмма представляет собой план-график разбитый по месяцам и декадам с указанием выполненных работ. Диаграмма Ганта – линейный график работ представлен в таблице 9.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
			t _{min}	t _{max}	t _{ож}	Трд		Ткд	
						НР	И	НР	И
1	Постановка целей и задач	НР	2	4	2,8	3,08	-	4,56	-
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	7	5,2	5,72	1,14	8,47	1,69
3	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7	9	7,8	2,57	8,58	3,81	12,7
4	Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,08	1,232	4,56	1,82
5	Оценка альтернативного решения	НР, И	3	5	3,8	0,84	4,18	1,24	6,19
6	Получение исходных данных	И	3	5	3,8	-	4,18	-	6,19
7	Разработка схем автоматизации	НР, И	12	15	13,2	5,81	14,52	8,60	21,49
8	Разработка алгоритмов работы	НР, И	10	12	10,8	4,75	11,88	7,03	17,58
9	Моделирование регулятора	И	4	6	4,8	-	5,28	-	7,81
10	Выбор средств автоматизации	НР, И	5	10	7	2,31	7,7	3,42	11,40
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	14	17	15,2	-	16,72	-	24,75
12	Оформление графического материала	И	10	12	10,8	-	11,88	-	17,58
13	Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,58	2,64	2,34	3,91
	Итого:				90,4	29,74	89,94	44,02	133,11

Таблица 9 – Диаграмма Ганта – линейный график работ



НР – ■; И – ■

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (11)$$

где

m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками) [10].

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов [10].

Материальные затраты, необходимые для разработки проекта представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты, необходимые для разработки проекта

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага А3, 80 г/кв.м	Пачка (500 листов)	1	250	300
Бумага А3, 80 г/кв.м	Пачка (500 листов)	1	450	540
Картридж для ЧБ принтера HP	Штук	2	1500	3600
Картридж для ЦВ принтера HP	Штук	2	3000	7200
Ручка шариковая	Штук	5	15	90
Карандаш	Штук	5	7	42
Итого				11772

3.3.2 Расчет заработной платы

Заработная плата рассчитывается на основе суммы заработной платы исполнителя и научного руководителя исходя из трудоемкости каждого этапа и занятости каждого из них на данном этапе.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-г} = \frac{МО}{N} \quad (12)$$

где

МО – месячный оклад, руб.;

N – количество рабочих дней в месяц при пятидневной рабочей неделе –
 $N = 20,58$.

Среднедневная тарифная заработная плата научного руководителя равна

$$ЗП_{дн-т} = \frac{40175,78}{20,58} = 1952,18 \left(\frac{\text{руб.}}{\text{раб.день}} \right).$$

А среднедневная тарифная заработная плата исполнителя равна

$$ЗП_{дн-т} = \frac{25748,11}{20,58} = 1251,13 \left(\frac{\text{руб.}}{\text{раб.день}} \right).$$

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях взяты из таблицы 6. Для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо будет тарифную сумму заработка исполнителя, связанной с участием в проекте умножить на интегральный коэффициент. Интегральный коэффициент находится по формуле:

$$K_{И} = K_{пр} \cdot K_{доп.ЗП} \cdot K_{р} \quad (13)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент премий, $K_{пр} = 1,1$;

$K_{доп.ЗП}$ – коэффициент дополнительной зарплаты при пятидневной рабочей неделе $K_{доп.ЗП} = 1,113$;

$K_{р}$ – коэффициент районной надбавки, $K_{р} = 1,6$;

Результаты вычислений представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	ЗП _{дн-т} , руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффи циент	Фонд з/платы, руб.
НР	40175,78	1952,18	30	1,959	114729,62
И	25748,11	1251,13	90	1,959	220586,73
Итого:					335316,35

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [10].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (14)$$

где

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность водится ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Исполнитель	220586,73
Научный руководитель	114729,62
Общая сумма	335316,35
Отчисления во внебюджетные фонды	90870,73

3.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [10].

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	11772	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	335316,35	
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	0	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	90870,73	
5. Накладные расходы	70073,45	16 % от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИИ	508032,53	Сумма ст. 1- 5

3.4 Расчет прибыли, НДС, цены разработки НИИ и определение срока окупаемости

Прибыль от реализации проекта составляет 20% от расходов на разработку проекта и равна – 101606,51р.

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это – 109735,3р.

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае – 719374,34р.

Срок окупаемости используется, как показатель эффективности проекта. Чем меньше срок окупаемости, тем эффективнее проект. Для расчета используется формула:

$$PP = \frac{C}{PP_{\text{ч}}} \quad (15)$$

где C – затраты на разработку, руб.;

$PP_{\text{ч}}$ – годовая чистая прибыль, руб.

Подставив полученные выше результаты, получим:

$$PP = \frac{508032,53}{101606,51} \approx 5 \text{ лет}$$

Следует отметить, что основное направление данной работы не получение коммерческой выгоды именно от данной НИР, а увеличение производительности всего комплекса.

3.5 Оценка научно-технического уровня НИР

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (16)$$

где $I_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование даны в таблице 14.

Таблица 14 – Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Высокий	8	Решения, использованные в НИР еще не применялись
0,1	Теоретический уровень	Средний	5	Сложный анализ данных произведен ранее
0,5	Возможность реализации	Низкий	2	Узкая направленность на конкретную систему

Интегральный показатель научно-технического уровня для данного проекта составляет:

$$I_{НТУ} = 0,4 \cdot 8 + 0,1 \cdot 5 + 0,5 \cdot 2 = 4,7$$

По полученным данным можно сделать вывод, что проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

Результаты

В данной работе был проведен анализ производимой модернизации и дана оценка разрабатываемой системы антипомпажного управления компрессора отпарного газа. Так же было произведено исследование о рациональной организации научно-исследовательской работы и ее материально-технического обеспечения. В разработке проекта участвовали два человека исполнитель и научный руководитель. Для разработки системы потребовалось 133 календарных дня и бюджет немногим более в 500 000 рублей. Основными затратами является заработная плата и обязательные отчисления и налоги.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа З-8Т22	ФИО Масалову Алексею Михайловичу
------------------	-------------------------------------

Институт	ИнЭО	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 АТПП

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, эл – магнитные поля, ионизирующие излучения и т.д.); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Компрессорная установка по сжатию испаренного сжиженного природного газа.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.1.003-2014, ГОСТ Р 12.4.026-2001, ГОСТ 12.1.003-83, СНиП 23-03-2003, ГОСТ 12.0.003-2015, СанПиН 2.2.4.3359-16, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.013-78, ГОСТ 30852.0-2002, ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и др.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 	<p>Шум, вибрация, электромагнитное воздействие.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Предельно низкие температуры, поражение электрическим током, вращающиеся части, падение с высоты.</p>

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Выбросы от сжигаемого топлива, утилизация ГСМ и промышленного оборудования.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Пожар, взрыв, разлив нефтепродуктов, разлив СПГ.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; ➤ организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.1.003-2014, ГОСТ Р 12.4.026-2001, ГОСТ 12.1.003-83, СНиП 23-03-2003, ГОСТ 12.0.003-2015, СанПиН 2.2.4.3359-16, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.013-78, ГОСТ 30852.0-2002, ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и др.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</p>	
<p>При необходимости после согласования с консультантом представляется тот или иной расчёт с соответствующим эскизным графическим материалом.</p>	<p>–</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	<p>12.12.2016г.</p>
--	---------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Егор Сергеевич	–		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т22	Масалов Алексей Михайлович		

4 Социальная ответственность

Введение

Безопасность жизнедеятельности на производстве – это совокупность многих правил и норм, созданных для обеспечения защиты жизни и сохранения здоровья человека. На рабочих местах необходимы замеры и контроль уровня шума, освещения, вибрации, концентрации вредных веществ в окружающем воздухе.

Строгое выполнение норм техники безопасности обеспечивает защиту сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на рабочем месте. Безопасность жизнедеятельность на производстве была создана, чтобы обеспечить правильную среду обитания на рабочем месте, и не навредить деятельности и здоровью человека. В ВКР рассматривается модернизация антипомпажной системы управления компрессора отпарного газа. Роль эксплуатирующего персонала – изменение режима работы КУ, обходы и наблюдение за работой оборудования, обслуживающий персонал отвечает за настройку, наладку или ремонт агрегатов и устройств КУ.

В данном разделе представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников, которые вовлечены в эксплуатацию и обслуживание КУ поэтому основной целью данного раздела является обнаружение и анализ вредных и опасных факторов, влияющих на работу персонала, а также методов защиты от них.

Компрессор К-3401 находится под навесом с вентилируемыми стенами, за исключением емкости V-3401 и воздушного охладителя (см. рис. 13,14).

Так как модернизации подвергался сам компрессор и система управления. В качестве рабочего места будет рассмотрена площадка, на которой установлен компрессор (рис. 47), как более опасное место работы [3].

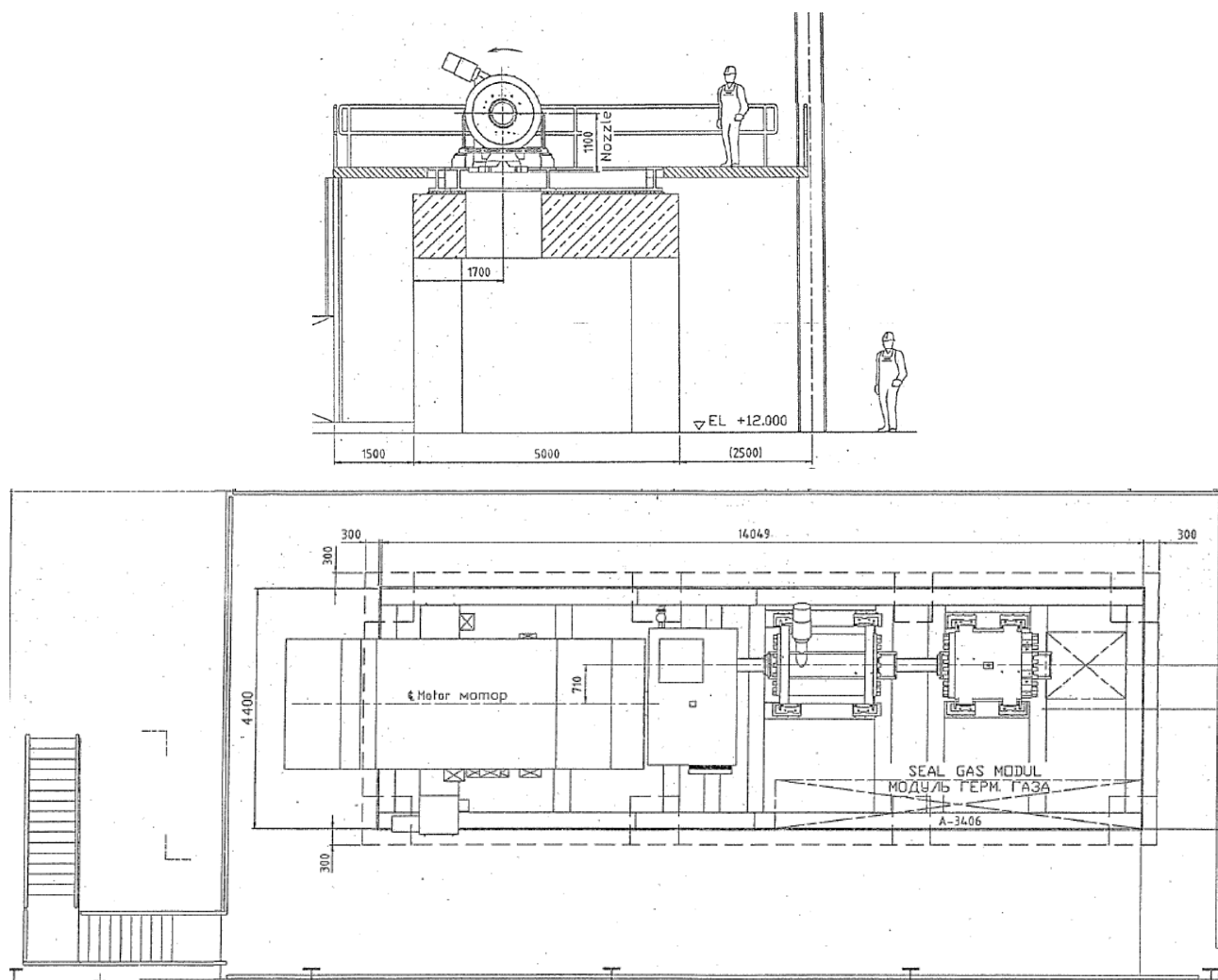


Рисунок 47 – Площадка установки компрессора

4.1 Вредные проявления факторов производственной среды

На данной площадке существуют следующие вредные проявления факторов производственной среды:

- климатические условия – неотапливаемое помещение, продуваемое ветрами, закрыто от вертикального дождя и снега;
- вредные вещества – в нормальном режиме эксплуатации не обнаружено;
- шум – в соответствии с паспортом компрессора и проведенными замерами, площадка компрессора, является местом с повышенным уровнем шума (приложение У);
- вибрация – уровень вибраций в некоторых местах, превышает пределы в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 [11];
- электромагнитное излучение (наличием электромагнитных полей промышленных частот порядка 50-60 Гц) – приводной двигатель напряжением 10кВ и мощностью чуть менее 7 МВт.

Во время модернизации был установлен ВНА который отвечает, за направление (завихрение) входящего потока газа в компрессор, он состоит из корпуса, направляющих лопаток, приводного механизма и устройства позиционирования. Данный аппарат находится под воздействием низкой температуры – обычно ниже минус 110 °С и высокой скорости потока газа (рис. 48).



Рисунок 48 – Обмерзание ВНА и секции низкого давления компрессора

Установка ВНА влияет на несколько из ранее перечисленных факторов, таких, как повышение уровня вибрации в районе ВНА и шума. Поток газа устремляющийся в ВНА на большой скорости встречает на своем пути лопатки, которые придают необходимое завихрение, это сопровождается повышением вибрации и шума в сравнении с отсутствием ВНА на компрессоре.

4.1.1 Шум

Повышенный уровень шума на рабочих местах отнесен к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Шум неблагоприятно действуют на организм человека, вызывают головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, повышаются, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбуждательные процессы в коре головного мозга. Воздействие шума повышает пороги слышимости звуковых сигналов, снижает остроту зрения и нарушает нормальное цветоощущение.

Работа в условиях шума может привести к появлению гипертонической или гипотонической болезни, развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоте.

Согласно СНиП 23-03-2003 в помещениях с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами, допустимые уровни эквивалентных и максимальных звуковых давлений равны $L_{A_{ЭКВ}}=80$ дБА, $L_{A_{МАКС}}=95$ дБА (таблица 15) [12].

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 – работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются [11].

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 – запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе [13].

Таблица 15 – Значения максимальных звуковых давлений СНИП 23-03-2003

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$), дБА	Максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75	
2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	-	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	80	
3 Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	-	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90	
4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз.1-3)	-	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95	

Для уменьшения негативного действия шума могут быть предприняты следующие меры:

- рациональная планировка производственного помещения, снижающая уровень шума (экранирование рабочего места);
- применение звукоизоляционных материалов;
- применение техники, производящей минимальный шум;
- применение средств индивидуальной защиты.

Перед тем, как определиться, каким образом обслуживающий персонал будет защищен от воздействия избыточного шума необходимо отметить несколько важных замечаний:

- территория КУ является зоной ограниченного доступа, контролируется обслуживающим персоналом;
- площадка, на которой установлен компрессор не является постоянным рабочим местом;
- капитальный ремонт производится только на остановленном оборудовании.

Согласно паспорту компрессора, уровень шума компрессора не должен превышать 85 дБА. С учетом того, что ВНА увеличивает значение звукового давления до 95 дБА около себя, необходимо обеспечить дополнительные меры защиты персонала.

Как было сказано ранее КУ не является постоянным рабочим местом, в нормальном режиме эксплуатации производятся только обходы и необходимое обслуживание.

Так как использование звукоизоляционных материалов достаточно проблематично в условиях постоянного обмерзания корпуса ВНА. Основным средством по защите персонала от повышенного шума выберем использование подходящих средств индивидуальной защиты, а именно совместно или раздельно наушников и защитных беруш, а также установку знаков в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026-2001 [14].

На всех подходах к площадке компрессора должны быть установлены предписывающие знаки «Работать в защитных наушниках» в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026-2001 (см. рис. 49).

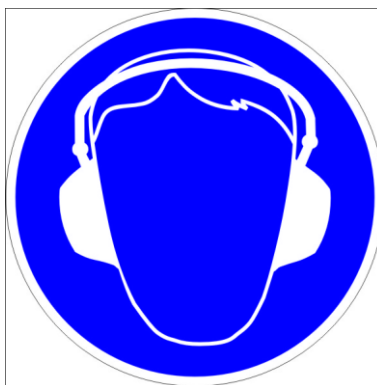


Рисунок 49 – Предписывающий знак «Работать в защитных наушниках»

4.1.2 Вибрация

Вибрация – это физический фактор, действие которого определяется передачей человеку механической энергии от источника колебаний; основными характеристиками вибрации являются амплитуда смещения, скорость и ускорение.

Общепринятым является деление вибраций на общие и местные. Общая вибрация – это колебание всего тела, передающееся с рабочего места. Локальная вибрация (местная вибрация) – это приложение колебаний только к ограниченному участку поверхности организма.

На производстве распространены оба вида вибрации: локальная – через руки (чаще всего при работе с ручными машинами), общая (по всему телу) – при положении сидя или стоя на рабочем месте (у машины и технологического оборудования). Все виды вибрации, действующие на производстве, объединяются термином «производственная вибрация».

При длительном воздействии общей вибрации возможны механические повреждения тканей, органов и различных систем организма (особенно при возникновении резонанса собственных колебаний тела и внешних воздействий). Вот почему механическое воздействие вибрацией часто ведет к возникновению многообразных патологических реакций у водителей грузовых машин, трактористов, летчиков и т. д.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 – работа в условиях воздействия общей вибрации с текущими среднеквадратичными уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы (табл. 16) более чем на 24 дБ (в 8 раз), по интегральной оценке, не допускается [11].

Таблица 16 – Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Коррекция	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
				м/с ²	дБ
Локальная		Хл, Ул, Зл	Wh	2,0	126
Общая	1	Zo	Wk	0,56	115
		Xo, Yo,	Wd	0,40	112
	2	Zo	Wk	0,28	109
		Xo, Yo,	Wd	0,2	106
	3а	Zo	Wk	0,1	100
		Xo, Yo,	Wd	0,071	97
	3б	Zo	Wk	0,04	92
		Xo, Yo	Wd	0,028	89
	3в	Zo	Wk	0,014	83
		Xo, Yo	Wd	0,0099	80

В соответствии с СанПиНом 2.2.4.3359-16 к общей вибрации 3 категории относят технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят и электрические машины, стационарные энергетические установки, установки химической и нефтехимической промышленности и другое оборудование [11].

Общую вибрацию категории 3 по месту действия подразделяют на следующие типы [11]:

- *a* – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;
- *б* – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;
- *в* – на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда.

Вибрация на площадке компрессора относится к общей вибрации 3 категории, но не может быть отнесена ни к одной подкатегории, поэтому будем руководствоваться значением 124 Дб, которое не превышает. Как было отмечено выше КУ не является постоянным рабочим местом, а на площадке компрессора довольно редко происходят работы по обслуживанию и ремонту ВНА (обычно, когда компрессор остановлен), так же стоит отметить, что уровень вибрации возрастет непосредственно на корпусе ВНА, и гораздо в меньшей степени повлияет на уровень вибрации в целом. Поэтому следует ограничиться обувью с виброгасящей подошвой, которая стандартно выдается всем работникам КУ.

4.1.3 Электромагнитное излучение

Для работы ВНА используется пневматический привод, с позиционирующим устройством питание которого осуществляется напряжением 24В. Данное оборудование имеет взрывозащитное исполнение. Влияние слаботочного устройства на общий фон электромагнитного излучение

крайне мало, с учетом того, что в непосредственной близости расположен мощный высоковольтный электродвигатель. Поэтому данным вредным фактором можем пренебречь, так как электромагнитное излучение двигателя было учтено при постройке и приемке объекта.

4.2 Опасные проявления факторов производственной среды

В качестве опасных проявлений факторов производственной среды выступают:

- предельно низкая температура – температура газа на всасе компрессора ниже минус 110 °С;
- опасность поражения электрическим током – приводной двигатель питается от сети напряжением 10кВ, вспомогательные двигатели 400/240В, приборы КИПиА 24В;
- вращающиеся части валов, муфт и т.д.;
- падение с высоты – площадка находится на расстоянии 5м от поверхности земли.

4.2.1 Поражение электрическим током

Согласно ГОСТ 12.1.030-81 – защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность [15]. Этот же документ говорит, о том, что защитное заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

- при номинальном напряжении 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока – во всех случаях;
- при номинальном напряжении от 42В до 380В переменного тока и от 110В до 440 В постоянного тока при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных по ГОСТ 12.1.013-78 [16].

В ходе модернизации было установлено позиционирующее устройство с питанием 24В. Данное устройство является устройством низкого напряжения и не нуждается в защитном заземлении в соответствии с приведенными выше документами, хотя работа и производится в особо опасных условиях.

Заземление корпуса устройства будет произведено, для обеспечения класса взрывозащитного исполнения устройства в соответствии с ГОСТ 30852.0-2002 [17].

4.3 Охрана окружающей среды

Рассмотренные пункты:

- защита селитебной зоны – производственный комплекс находится в отдалении более чем на 5 км от ближайшего населенного пункта;
- воздействия на атмосферу – модернизация КУ позволит снизить выбросы от сжигания топлива газотурбинной станции, путем более надежной работы КУ и более гибкого управления, снизится сжигание газа на факельной установке;
- воздействие на гидросферу – масляная система компрессора вмещает большое количество масла, отработанная жидкость утилизируется надлежащим образом;
- воздействие на литосферу – все устаревшее оборудование демонтируется и утилизируется надлежащим образом.

4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Производственный комплекс в целом, и КУ в частности, является опасным производственным объектом [18]. Перечислим возможные ЧС на объекте:

- пожар;
- взрыв;
- разлив нефтепродуктов;
- разлив СПГ.

Наиболее типичными можно назвать пожар/взрыв и разлив нефтепродуктов.

В качестве мер по предотвращению типичных ЧС еще на стадии проектирования территория комплекса была разделена на зоны наличия углеводородов, выбор необходимой взрывозащиты оборудования. В режиме эксплуатации производятся инспекции по коррозионному контролю, инспекции состояния взрывозащитных оболочек, строго соблюдаются технологические режимы оборудования.

В качестве мер по обнаружению и ликвидации ЧС можно отметить следующее:

- автоматическая система детектирования огня, дыма, высокой температуры;
- система оповещения персонала о ЧС, планы эвакуации;
- автоматизированная система пожаротушения;
- пожарный расчет из числа сотрудников, спец машины;
- портативные средства пожаротушения – огнетушители (порошок, CO₂);
- спец одежда не поддерживающая горение;

- специализированная служба по устранению разливов нефтепродуктов (дежурство 24/7);
- специальные абсорбирующие порошки, маты, боновые заграждения, спасательные плав-средства.

В соответствии с нормативными актами на производственном объекте составлена и утверждена соответствующими органами декларации промышленной безопасности, в которой описаны вредные и опасные производственные факторы, возможные ЧС и порядок их ликвидаций. Модернизация КУ не повлияла на опасность возникновения ЧС.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В ходе выполнения исследования были обнаружены два опасных/вредных воздействия после проведения модернизации – шум, который усилится до 95 дБА (в непосредственной близости от установленного ВНА) и усилившаяся вибрация на корпусе ВНА. Так как КУ установка не является постоянным рабочим местом, было принято решение для возросшего шумового воздействия – ограничиться применением подходящих СИЗ и размещением предписывающих знаков, усилившуюся вибрацию считать незначительным фактором ввиду отсутствия персонала в непосредственном контакте с ВНА.

Во время исследования были использованы следующие нормативные акты, правила и документы:

- ГОСТ Р 12.4.026-2001 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.» – предписывающие знаки;

- ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности.» – ответственности изготовителей средств защиты от шума;
- ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности.» – предельный уровень звукового давления;
- СНИП 23-03-2003 «Строительные нормы и правила российской федерации. Защита от шума.» – допустимые уровни эквивалентных и максимальных звуковых давлений;
- ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» – перечень вредных и производственных факторов;
- СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» – предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации и шума;
- ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» – определения и термины, правила;
- ГОСТ 12.1.013-78 «Строительство. Электробезопасность. Общие требования» – классификация условий работ по степени электробезопасности;
- ГОСТ 30852.0-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования» – классификация, заземление;
- ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» – принадлежность предприятия к опасному производственному объекту.

Заключение

В результате выполненной работы была подготовлен проект модернизации системы антипомпажного управления компрессора отпарного газа.

Выпускная квалификационная работа рассматривает достаточно обширный круг аспектов автоматизации – технологический процесс установки, используемые средств автоматизации, алгоритмы работы регуляторов, используемое программное обеспечение, математическое моделирование, разработка различных схем.

В качестве средств автоматизации применены современные решения, повсеместно используется цифровая связь, которая открывает дополнительные возможности по удаленной настройке и диагностике.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены основные поставленные задачи и достигнуты цели модернизации.

В разделах финансового менеджмент и социальной ответственности произведен необходимый анализ требуемых параметров.

Список использованных источников

1. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовых производств: учебное пособие / сост. Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш; Томский политехнический университет. Томский государственный университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 388 с.
2. Официальный сайт компании Сахалинская энергия
<http://www.sakhalinenergy.com>.
3. Техническая документация предприятия.
4. Официальный сайт компании Yokogawa <http://www.yokogawa.com>.
5. Андреев Е.Б., Ключников А.И., Кротов А.В., Попадько В.Е., Шарова И.Я. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 399 с.
6. Официальный сайт поддержки компании Emerson
<https://emersonexchange365.com/worlds/russia/b/weblog/archive/2016/04/27/compressor-surge>.
7. Официальный сайт компании Thermo Electric <http://www.te-direct.com>.
8. Официальный сайт компании Emerson-Fisher
<http://www.emerson.com/en-us/automation/fisher>.
9. Моделирование теплообменника в Matlab
<http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.acis.20140201.11.pdf>.
10. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина

З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

11. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

12. СНИП 23-03-2003 «Строительные нормы и правила российской федерации. Защита от шума».

13. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

14. ГОСТ Р 12.4.026-2001 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний».

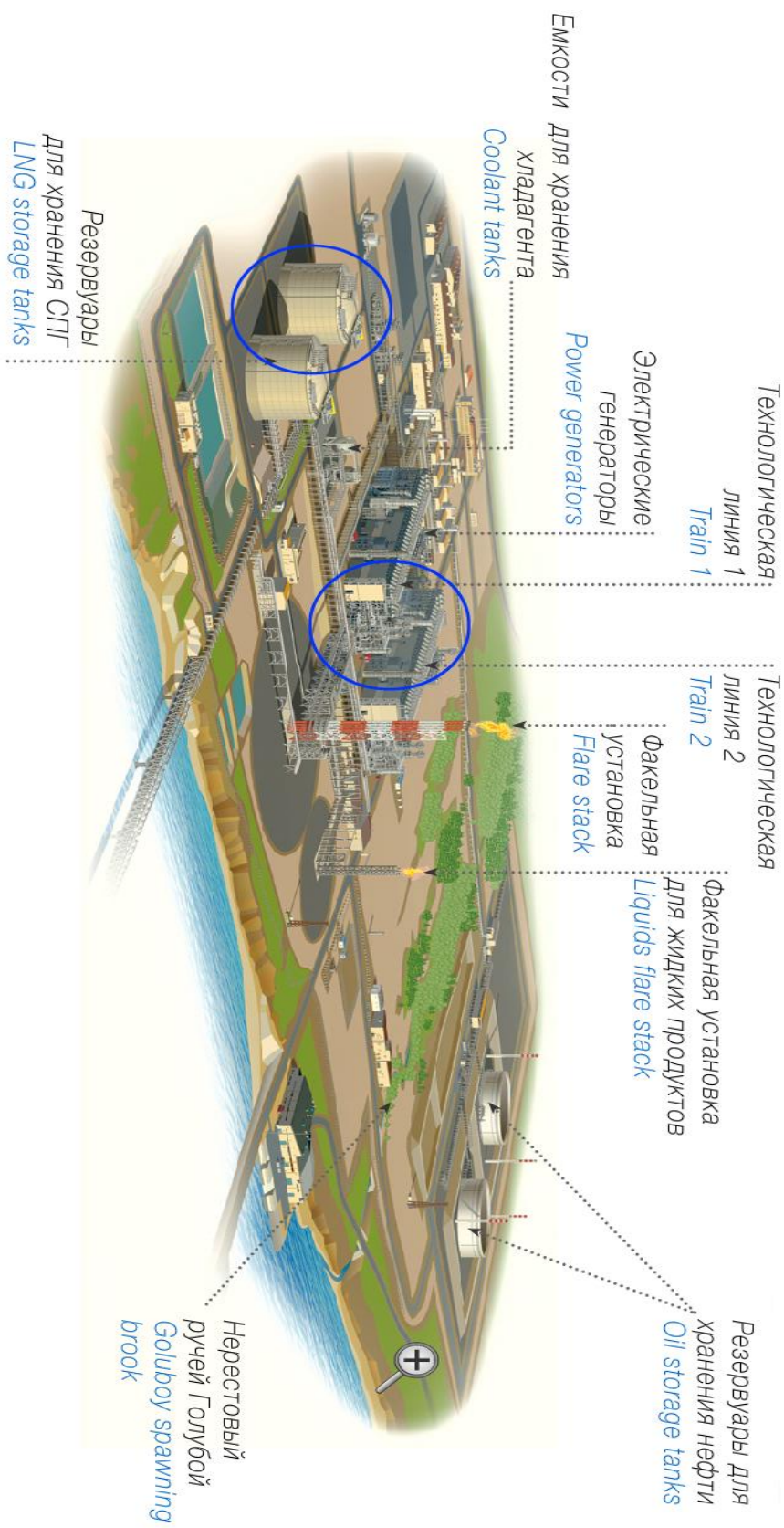
15. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».

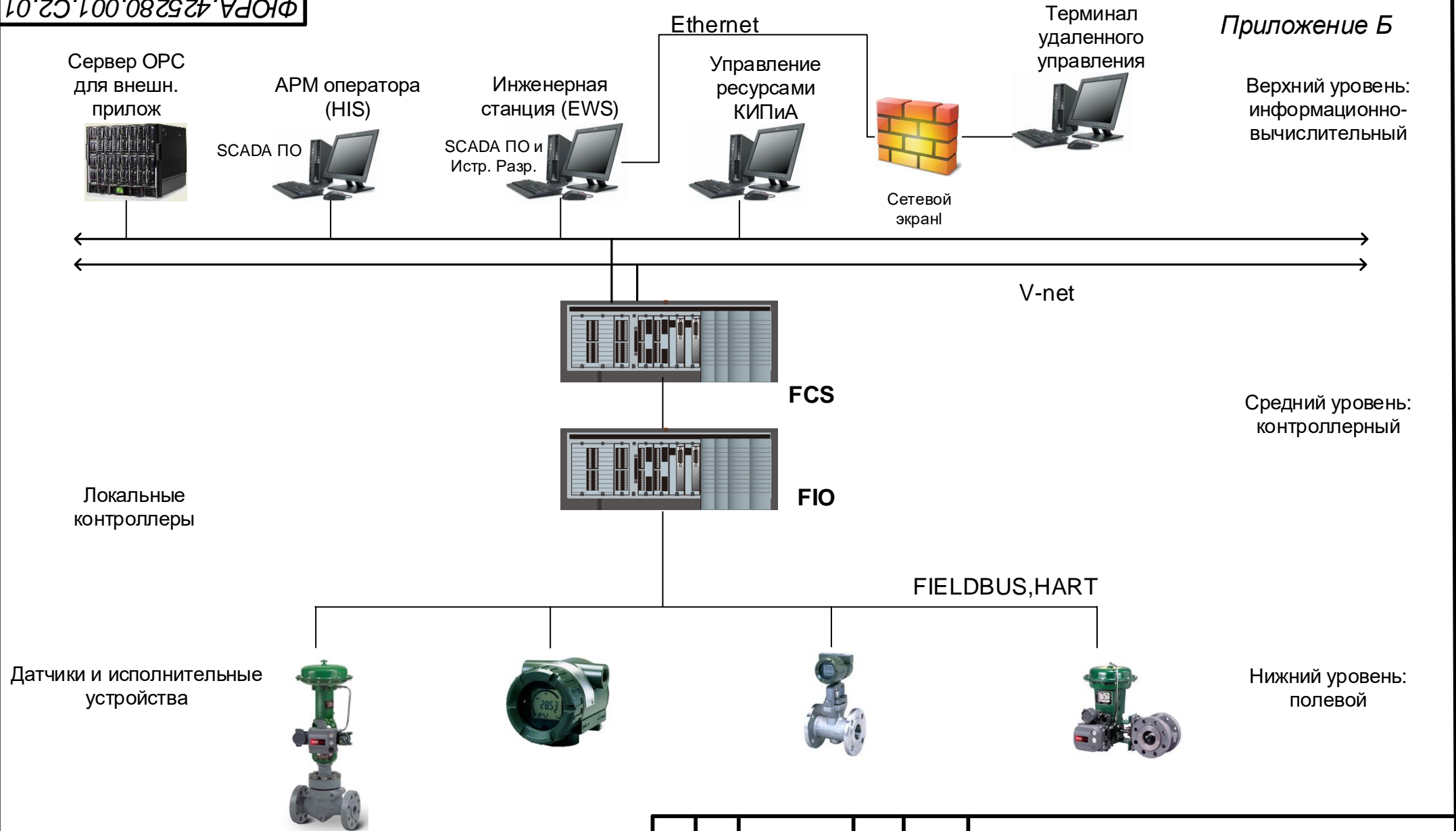
16. ГОСТ 12.1.013-78 «Строительство. Электробезопасность. Общие требования».

17. ГОСТ 30852.0-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования».

18. ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

**Производственный комплекс «Пригородное»
Prigородnoye production complex**





Приложение Б

Верхний уровень:
информационно-
вычислительный

Средний уровень:
контроллерный

Нижний уровень:
полевой

					ФЮРА. 425280.001.C2.01		
	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Масалов А.М					
	Пров.						
	Т.контр						
	Н.контр						
	Утв.						
					Трехуровневая структурная схема АС		
	Лит.	Масштаб					
	у						
					ТПУ СУМ Гр. 3-8Т22		

№ п/п No.	Наименование параметра изделия Name of the Product Parameter	Значение параметра Parameter Value
1.	Номинальная мощность кВт Rated Power kW	6 950
2.	Номинальное напряжение В Rated Voltage V	10 000
3.	Номинальный ток А Rated Current A	472,1
4.	Номинальная частота Гц Nominal Frequency Hz	50
5.	Номинальная частота вращения об/мин Nominal Rotation Speed rpm	1473
6.	Схема соединения обмотки статора Connecting Diagram for Stator Winding	Звезда Star
7.	Класс нагревостойкости Heat Resistance Class	F
8.	Минимальная и максимальная температура окружающей среды °C Minimum and maximum ambient temperature °C	- 33°C min + 34°C max
9.	Максимальная рабочая температура °C Maximum operating temperature °C	80 + 34 = 114°C
10.	Высота над уровнем моря м Height above sea level m	< 1 000 m
11.	Коэффициент мощности % Power Factor %	95,5 %
12.	Сопротивление изоляции обмоток в холодном состоянии Мом Windings Insulation Resistance in cold state MΩ	Не менее 10 Not less than 10 With respect to the voltage to start the machine Minimum Insulation requirement is 33 MΩ (20 °C) С соблюдением напряжения при запуске машины Мин. требуемая изоляция 33 МОм (20 °C)
13.	Сопротивление изоляции обмоток при температуре, близкой к рабочей Мом Windings Insulation Resistance at temperature close to working one MΩ	Не менее 3 Not less than 3 Minimum Insulation requirement is to be 11 MΩ Мин. требуемая изоляция 11 МОм
14.	Степень защиты оболочки Degree of Enclosure Protection	NEMA (IP 55)
15.	Маркировка взрывозащиты Marking of explosion protection	II 2G EExped ib II CT3
16.	Способ охлаждения Cooling method	IEC 6 A 1A1
17.	Охлаждающая среда Cooling media	See " air cooler data sheet " enclosed См. прилагаемые "технические характеристики воздушного охладителя

c

Приложение В (продолжение)

18.	Показатели надежности : Reliability Indicator :	
19.	средний ресурс до капитального ремонта ч average time to maintenance Hr	30 000
20.	установленная безотказная наработка лет established fail-safe running time years	3
21.	Высота оси вращения мм Height of rotation axis mm	900 mm
22.	Масса кг Weight kg	31 000



Power Generation

CENTRIFUGAL COMPRESSOR
DATA SHEET
SI-UNITS

PAGE 2 OF 14

JOB NO DU612400000 ITEM NO K 3401
PURCH ORDER NO SEGR2A0010 DATE _____
INQUIRY NO SEG-R2-RQ-027 BY Essing
REVISION 2 DATE 16.06.2004

1 APPLICABLE TO: PROPOSAL PURCHASE AS BUILT REQUISITION NO: SEGR2A0010
2 FOR Chiyotec UNIT _____
3 SITE Sakhalin SERIAL NO 9323 / 9324
4 SERVICE Boil-Off (with IGV) NO REQUIRED 1
5 CONTINUOUS INTERMITTENT STANDBY DRIVER TYPE (311) E-Motor
6 MANUFACTURER SIEMENS PGI MODEL 10MH6A(LP)+10MVA(HP) DRIVER ITEM NO KM-3401
7 NOTE: INFORMATION TO BE COMPLETED: BY PURCHASER BY MANUFACTURER

OPERATING CONDITIONS

- 9 (ALL DATA ON PER UNIT BASIS)
10 **CONDITIONS AT BATTERY LIMITS**
11 GAS HANDLED (ALSO SEE PAGE _____)
12 SUCTION VOLUME FLOW m³/h
13 WEIGHT FLOW kph
14 WEIGHT FLOW kph
15 SUCTION PRESSURE bar
16 SUCTION TEMPERATURE °C
17 DISCHARGE PRESSURE bar
18 DISCHARGE TEMPERATURE °C

- 19 **INLET CONDITIONS AT CASING FLANGE**
20 PRESSURE bar
21 TEMPERATURE °C
22 RELATIVE HUMIDITY %
23 MOLECULAR WEIGHT kg/KMol
24 COMPRESSIBILITY (Z1) -
25 INLET VOLUME FLOW m³/h

- 26 **DISCHARGE CONDITIONS AT CASING FLANGE**
27 PRESSURE bar
28 TEMPERATURE °C
29 COMPRESSIBILITY (Z2) -

- 30
31 POLYTROPIC HEAD kJ/kg
32 POLYTROPIC EFFICIENCY LP-Casing -
33 POLYTROPIC EFFICIENCY HP-Casing -
34 k.AVG -
35 SPEED rpm
36 ESTIMATED SURGE AT ABOVE SPEED m³/h
37 POWER REQUIREMENT INTERNAL MW
38 MECHANICAL LOSSES KW
39 POWER REQUIREMENT AT DRIVER COUPL MW
40 GUARANTEE POWER 1) MW
41 PERFORMANCE CURVE IDENT-NO 64592415 SHEET:

max	min (2)		recycle (3)		
23808.	19316.	23300.			
30420.	26247.	30008.			
1.02	1.02	1.02			
-116.0	-125.0	-110.0			
29.00	37.21	32.6			
163.4	187	180.1			
P ₁ -SLP	P ₁ -SH	P ₂ -SLP	P ₂ -SH	P ₁ -SELF	P ₂ -HP
1.02	8.69	1.02	10.74	1.02	9.31
-116.0	33.4	-125.0	42.7	-110.0	45.2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.161	16.161	16.161	16.161	16.896	16.896
0.9867	0.9867	0.9842	0.9841	0.9906	0.9846
23808.	5445.	19316.	3910.	23300.	4974.
8.71	29.00	10.76	37.21	9.32	32.61
33.4	163.4	42.7	187.0	45.2	180.1
0.9856	0.9910	0.9841	0.9928	0.9847	0.9906
244.7	226.9	265.9	242.9	260.6	233.2
80.76	72.59	77.92	66.49	80.66	71.46
1.4516	1.4240	1.4736	1.4491	1.4312	1.4017
1.3333	1.2773	1.3336	1.2724	1.3188	1.2692
9651	9651	9651	9651	9651	9651
see performance curves					
2.659	2.630	2.488	2.585	2.592	2.720
214		214		214	
6,403		6,287		6,626	
6,409					
2	3	4	5	6	7

42
43 **PROCESS CONTROL :**
44 METHOD: BYPASS FROM Discharge HP TO Suction LP
45 ANTISURGE BYPASS: MANUAL AUTOMATIC
46 SUCTION THROTTLING FROM _____ TO _____
47 SPEED VARIATION FROM _____ TO _____
48 OTHER Variable Inlet Guide vane
49 SIGNAL: SOURCE _____
50 TYPE _____
51 RANGE: FOR PNEUMATIC CONTROL _____ RPM TO _____ RPM
52 OTHER _____
53 SERVICE: CONTINUOUS INTERMITTENT STAND BY

54 REMARKS : 1) Tolerance: According to API 517 = +4%. Interstage Values between LP and HP are only for information
55 2) Definition of Operating point min. see EDRS 7000 E 3429 R 0001-01
56 3) Definition of Operating point recycle see EDRS 7000 E 3429 R 0001-01

Department IDT-10, Duisburg

Ident- No.	64592615	Revision	Formal	Page
		2	4	2



Power Generation

CENTRIFUGAL COMPRESSOR
DATA SHEET
SI-UNITS

PAGE 3 OF 14

JOB NO DU612400000 ITEM NO K 3401
PURCH ORDER NO SEGR2A0010 DATE _____
INQUIRY NO SEG-R2-RQ-027 BY Essing
REVISION 2 DATE 10.05.2004

1 APPLICABLE TO: PROPOSAL PURCHASE AS BUILT REQUISITION NO: SEGR2A0010

2 FOR Chiyotec UNIT _____

3 SITE Sakhalin SERIAL NO 9323 / 9324

4 SERVICE Boil-Off (with IGV) NO REQUIRED 2

5 CONTINUOUS INTERMITTENT STANDBY DRIVER TYPE (p.11) E-Motor

6 MANUFACTURER SIEMENS PGI MODEL 10MH6A(LP)+10MV6A(HP) DRIVER ITEM NO KM-3401

7 NOTE: INFORMATION TO BE COMPLETED: BY PURCHASER BY MANUFACTURER

8 **OPERATING CONDITIONS**

9 (ALL DATA ON PER UNIT BASIS)

10 **CONDITIONS AT BATTERY LIMITS**

11 GAS HANDLED (ALSO SEE PAGE _____)

12 SUCTION VOLUME FLOW m³/h 23800.

13 WEIGHT FLOW kg/h _____

14 WEIGHT FLOW kg/h 35970.

15 SUCTION PRESSURE bar 1.02

16 SUCTION TEMPERATURE °C -139.2

17 DISCHARGE PRESSURE bar 44.00

18 DISCHARGE TEMPERATURE °C 165.1

19 **INLET CONDITIONS AT CASING FLANGE**

20 PRESSURE bar 1.02 11.93

21 TEMPERATURE °C -139.2 21.1

22 RELATIVE HUMIDITY % 0.00 0.00

23 MOLECULAR WEIGHT kg/kMol 16.151 16.151

24 COMPRESSIBILITY (Z1) - 0.9787 0.9773

25 INLET VOLUME FLOW m³/h 23800. 4462.

26 **DISCHARGE CONDITIONS AT CASING FLANGE**

27 PRESSURE bar 11.95 44.00

28 TEMPERATURE °C 21.1 165.1

29 COMPRESSIBILITY (Z2) - 0.9773 0.9800

30 _____

31 POLYTROPIC HEAD kJ/kg 253.9 239.0

32 POLYTROPIC EFFICIENCY LP-Casing - 80.18 70.35

33 POLYTROPIC EFFICIENCY HP-Casing - 1.4688 1.4588

34 k AVG - 1.3412 1.2841

35 SPEED rpm 9651 9651

36 ESTIMATED SURGE AT ABOVE SPEED m³/h _____

37 POWER REQUIREMENT INTERNAL MW 3.163 3.395

38 MECHANICAL LOSSES KW 214 _____

39 POWER REQUIREMENT AT DRIVER COUPL MW 6.772 _____

40 GUARANTEE POWER 1) MW _____

41 PERFORMANCE CURVE IDENT-NO 64592415 SHEET: 8 9

42 _____

43 **PROCESS CONTROL :**

44 METHOD: BYPASS FROM _____ Discharge HP TO _____ Suction LP

45 ANTISURGE BYPASS: MANUAL AUTOMATIC

46 SUCTION THROTTLING FROM _____ TO _____

47 SPEED VARIATION FROM _____ TO _____

48 OTHER _____ Variable Inlet Guide vane

49 SIGNAL: SOURCE _____

50 TYPE _____

51 RANGE: FOR PNEUMATIC CONTROL _____ RPM TO _____ RPM

52 OTHER _____

53 SERVICE: CONTINUOUS INTERMITTENT STAND BY

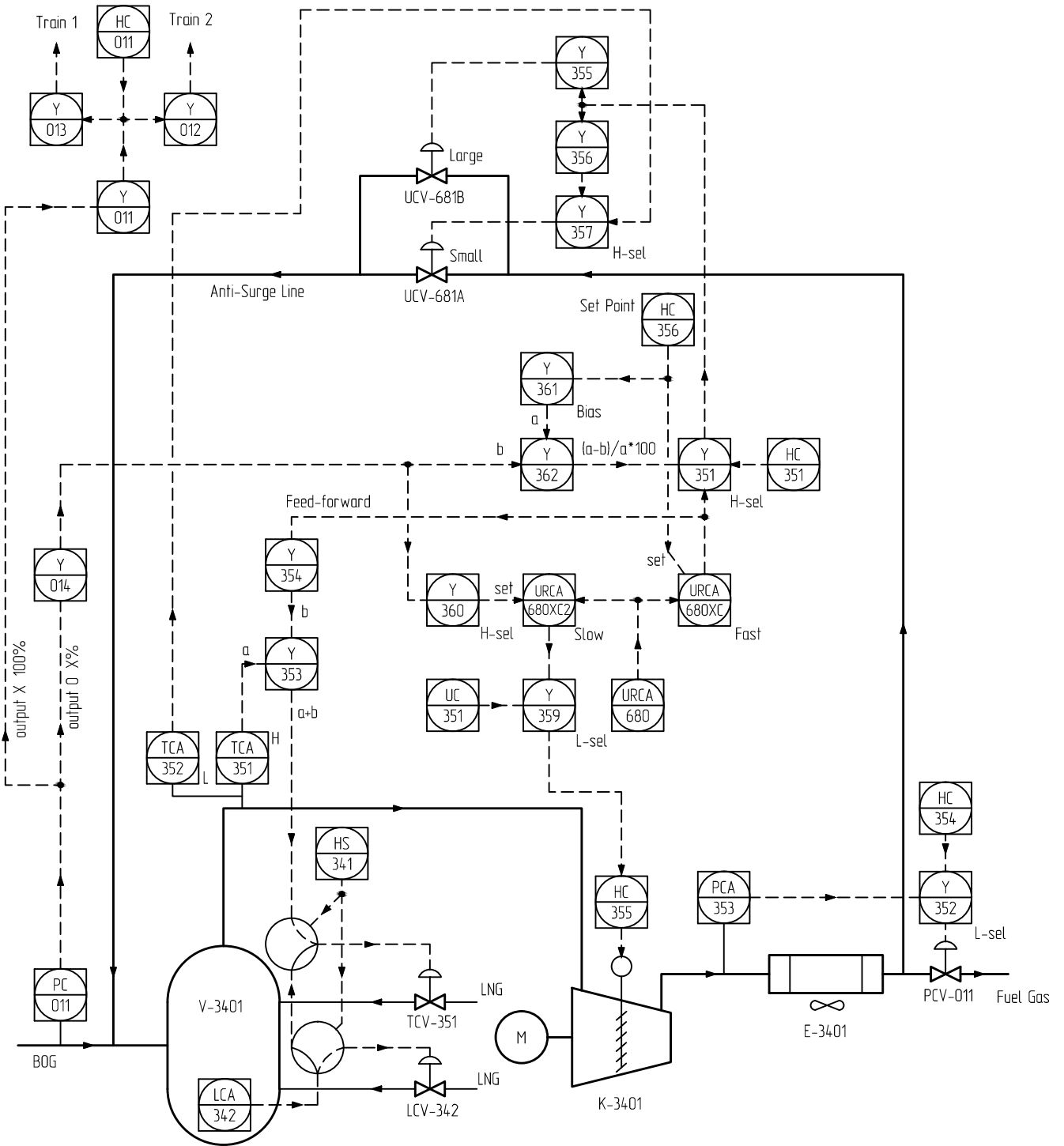
54 REMARKS : 1) Tolerance: According to API 617 = +4%

55 2) Definition of Operating point min. see EDRS 7000 E 3429 R 0001-01

56 3) Definition of Operating point recycle see EDRS 7000 E 3429 R 0001-01

Department 101-10, Datzburg

Ident- No.	64592615	Revision	Format	Page
		2	4	3



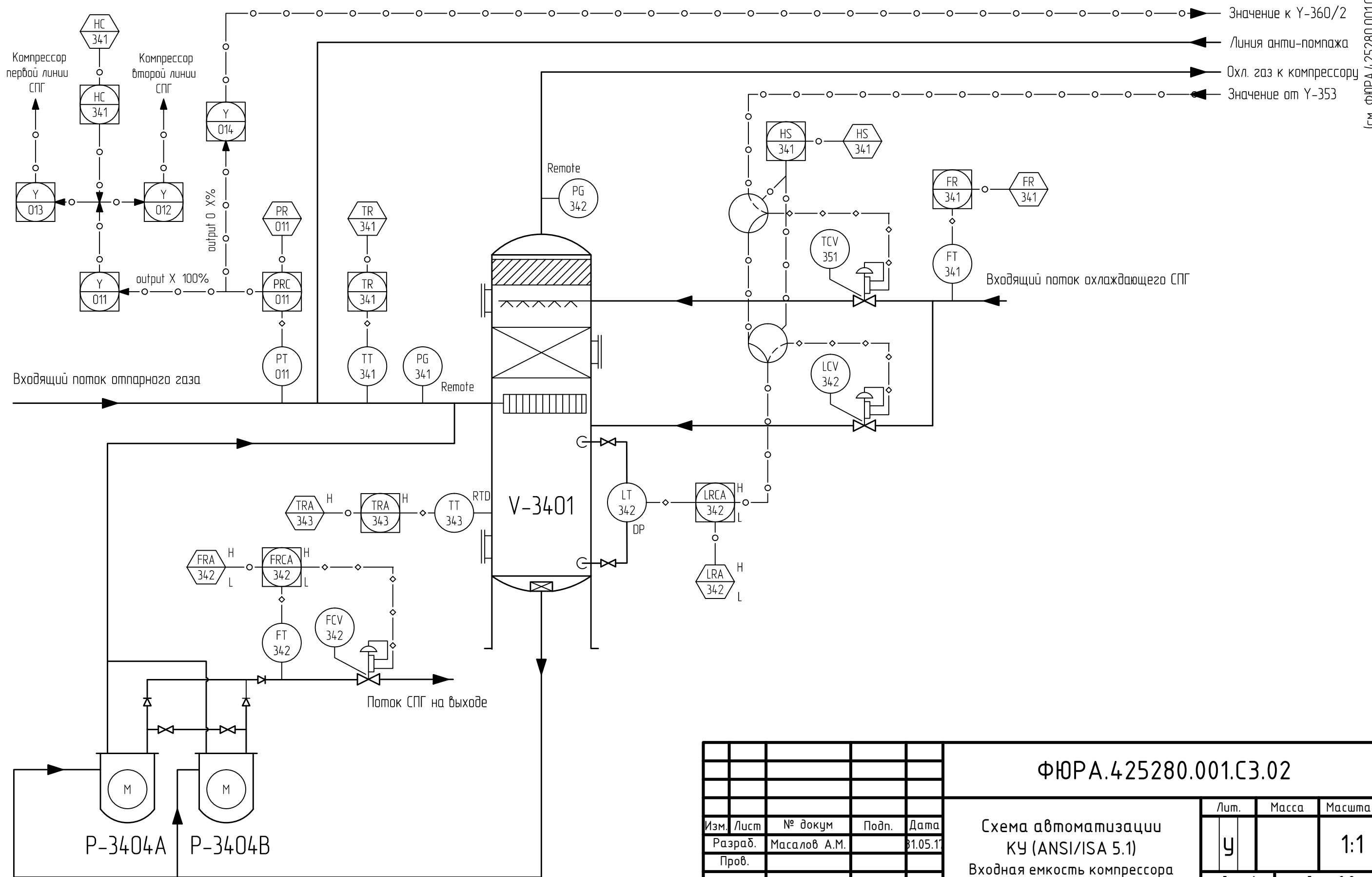
ФЮРА.425280.001.С3.01

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата
	Разраб.	Масалов А.М.		31.05.17
	Пров.			

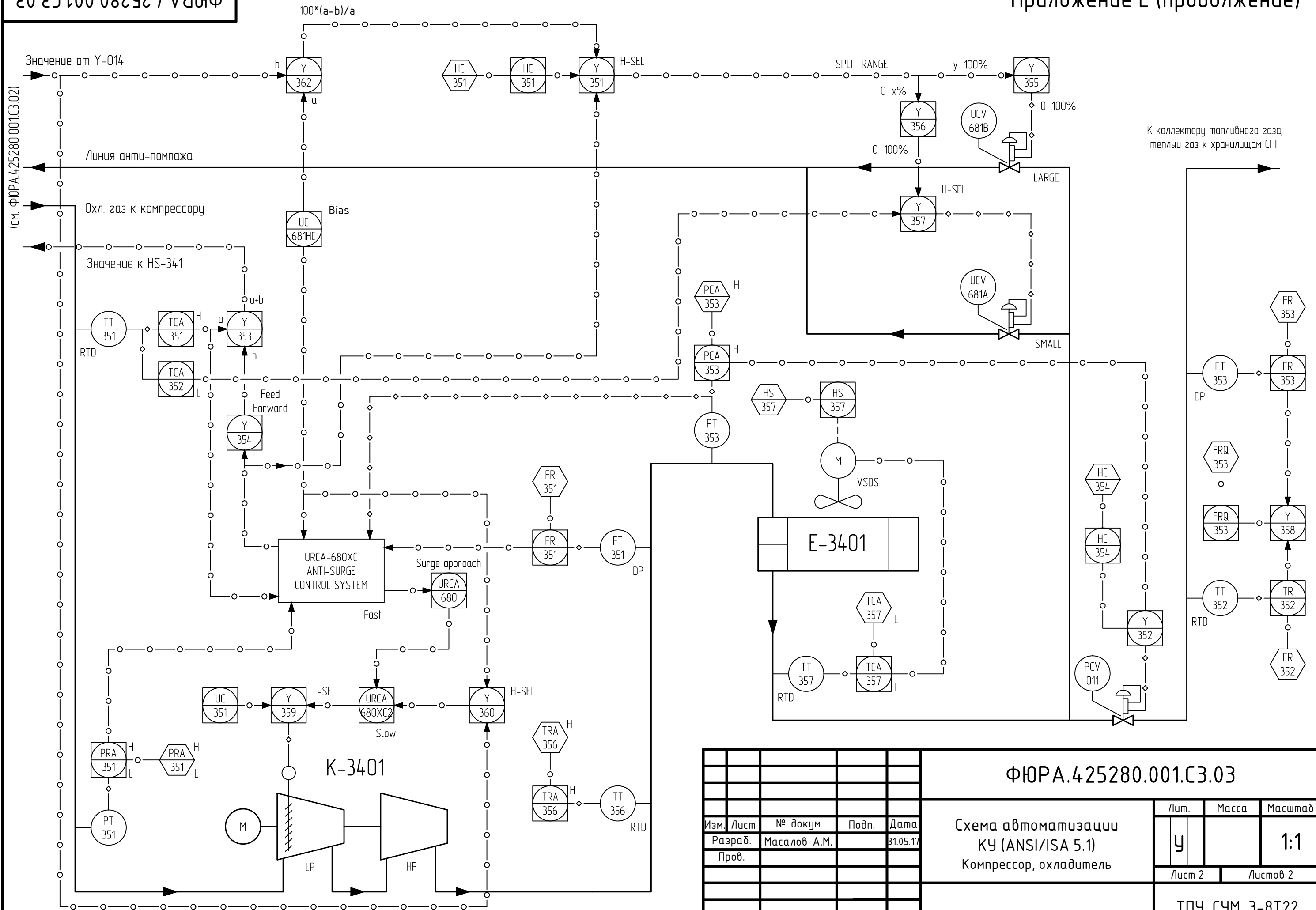
Упрощенная функциональная
схема автоматизации КУ

Лист	Масса	Масштаб
У		1:1
Лист 1	Листов 1	

ТПУ, СУМ, 3-8Т22



					ФЮРА.425280.001.С3.02			
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Схема автоматизации КУ (ANSI/ISA 5.1) Входная емкость компрессора	Лит.	Масса	Масштаб
						У		1:1
Разраб.		Масалов А.М.		31.05.17		Лист 1	Листов 2	
Пров.								
					ТПУ, СУМ, З-8Т22			



				ФЮРА.425280.001.С3.03				
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Схема автоматизации КУ (ANSI/ISA 5.1) Компрессор, охладитель	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Масалов А.М.		31.05.17		У		1:1
Пров.						Лист 2	Листов 2	
						ТПУ, СУМ, З-8Т22		

General Specifications

Models AFF50S, AFF50D
Field Control Unit
Duplexed Field Control Unit
(for FIO, 19" Rack Mountable Type)

GS 33Q06N05-31E

■ GENERAL

This GS covers the hardware specifications of the Field Control Unit (FCU) which is the processor of the Field Control Station (FCS).

■ HARDWARE SPECIFICATIONS

For the installation specifications and the environmental conditions common to the systems, refer to "System Overview (GS 33Q01B10-31E)."

Processor

VR5432 (133 MHz)

Main Memory Capacity

32 Mbyte

Memory Protection During Power Failure

Battery

Battery Back-up for Main Memory: Max. 72 hours

Battery Recharge Time: Min. 48 hours

FCU Status Contact Output

2 terminals (NC, C)

Contact Points open during FCU failure

Contact Rating: 30 V DC, max. 0.3 A

Communication Interface

V net Interface: Dual-redundant

No. of Node Units Connectable

Max. 3/FCU

The total number of the local and remote nodes that can be connected to FCU are 3 or less.

No. of I/O Modules

Max. 8/FCU

Max. 30/FCS

Local Node Connection

When connecting a Local Node to FCU, install ESB Bus Coupler Module (EC401) on FCU.

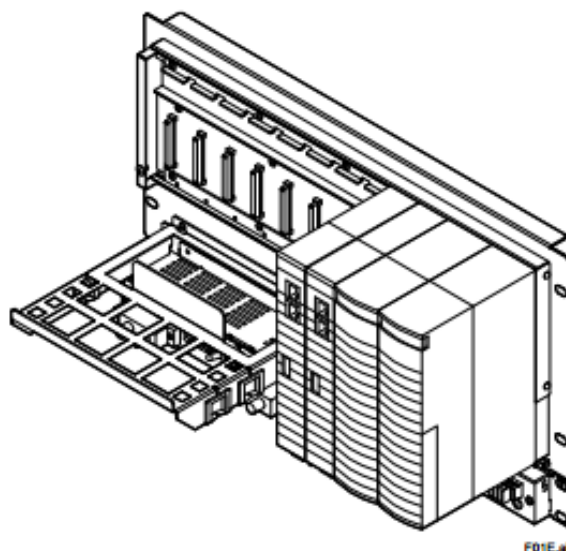
EC401 must be installed in slot 7 or slot 8. To make single configuration, EC401 must be installed in slot 7, and Slot 8 must be empty.

Remote Node Connection

When connecting a Remote Node to FCU, install ER Bus Interface Mater Module (EB401) on FCU.

To make single configuration, EB401 must be installed in an odd-number slot, and keep the right side of the installed EB401 empty.

See "ER Bus Interface Master Module (for FIO)" (GS 33Q06Q48-31E) for further information.



[19" Rack Mountable Type FCU]

Power Supply

(specify with Suffix Codes)

100-120 V AC, 50/60 Hz

220-240 V AC, 50/60 Hz

24 V DC

Power Consumption

100-120 V AC: 200 VA (AFF50S/D)

220-240 V AC: 230 VA (AFF50S/D)

24 V DC: 5.5 A (AFF50S/D)

Weight

Approx. 7 kg (AFF50S)

Approx. 8 kg (AFF50D)

Mounting

19" Rack Mounting:

Rack mount (8 x M5 screws)

Insulation bush (accessory)

Connection

Power Supply: M4 screw terminal connection

Grounding: M4 screw terminal connection

Contact Output: M4 screw terminal connection

■ STANDARD SPECIFICATIONS

The FOUNDATION fieldbus communication module (ALF111) performs as the Link Active Scheduler (LAS) to exchange data with devices compliant with FOUNDATION fieldbus (H1) protocol. The hardware specifications for this module are as shown in the table below.

Table FOUNDATION fieldbus Communication Module Hardware Specifications

Item	Specifications
Model	ALF111
Interface	FOUNDATION fieldbus (low speed voltage mode) 4 ports (1 segment (*1) per port)
Transmission speed	31.25 kbps
Withstanding voltage	From field to system: 1500 V AC/minute
Bus connection (external connection)	<ul style="list-style-type: none"> • Pressure clamp terminals (removable terminal block with built-in terminators that can be switched on/off. • Connects with terminal board via a dedicated cable.
Installation method	Mounted on ANB10□, ANB11□, AFV30□, AFV40□, or A2FV50□
No. of control I/O channels (*2)	Max. 48 points/segment (Complies with high- and medium-speed scanning cycle by specifying up to 6 points of I/O points as high-speed scanning type on the ER bus.)
No. of fieldbus devices	Max. 32 units per segment (*3) (ALF111 counts as one unit) (*4)
Communication functions	LAS function, Clock master function
Dual-redundancy	Enabled to set up two units of ALF111 installed in the annexed slots in the same node unit.
Current consumption	0.5 A or less
Weight	Approx. 0.40 kg

*1: A segment is the engineering unit that consists of the sum of field devices that can be connected to a single H1 fieldbus and the ALF111 ports.

*2: Number of control I/O channels means the sum of parameters to be connected with each internal block of the fieldbus devices.

*3: Number of fieldbus devices to be connected varies by the conditions such as cable length, power supply capacity, and with or without IS barriers.

*4: In order to configure dual-redundant communication by setting 2 units of ALF111 in one segment, the maximum 30 units/segment of fieldbus devices can be connected.

■ OPERATING ENVIRONMENT

Hardware Requirements

The FOUNDATION fieldbus communication module runs on the following FCS.

AFV30S, AFV30D, AFV40S, AFV40D, A2FV50S, A2FV50D

Software Requirements

The FOUNDATION fieldbus communication module runs on the control functions of the following FCS.

VP6F1700 Control Function for Field Control Station: for AFV30□/AFV40

VP6F1800 Control Function for Field Control Station: for A2FV50□

Engineering Requirements

Works on VP6E5100 Standard Builder Function.

Приложение И

№	Обозначение		Диапазон измерения			Выходной сигнал	Криог. исп.	Код модели для заказа					
	Функция	Контур №	Тип	Мин.	Макс.			Единицы	Е1А110А-	ЕМ55С-	89NN/KF2/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z
1	FT	351	TX	0	125	МБар	Нет	Е1А110А-	ЕМ55С-	89NN/KF2/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z
2	FT	353	TX	0	250	МБар	Нет	Е1А110А-	ЕМ55С-	89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z
3	LT	342	TX	0	36	МБар	Да	Е1А110А-	ЕМ55С-	89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z	FM55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T12/Z
4	PT	11	TX	-1	5	Бар, изб	Да	Е1А430А-	ЕМ55С-	89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z
5	PT	351	TX	-1	5	Бар, изб	Да	Е1А430А-	ЕМ55С-	89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z
6	PT	353	TX	0	60	Бар, изб	Да	Е1А430А-	ЕМ55С-	89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z	FB55C- 89NN/KF25/D3/N3/N4/T02/Z
7	TT	351	TX	-200	50	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
8	TT	341	TX	-200	50	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
9	TT	352	TX	-50	90	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
10	TT	343	TX	-200	50	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
11	TT	356	TX	-180	270	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
12	TT	357	TX	-190	230	Град. Ц	-	УТА320-	ФА4ND	/KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z	FA4ND /KF2/Z
13	TT	3XX	Е	-200	300	Град. Ц	Спротивление	РТ1004WSА	-	-	-	-	-
14	PG	341	Г	-1	5	Бар, изб	Да	233.30.100	SS316L				
15	PG	342	Г	-1	5	Бар, изб	Да	233.30.100	SS316L				
16	FT	341	TX	0	6,019	кТ/с	FIELDBUS	ДУА-	ФАN	KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z
17	FT	341	Е	0,799	17896	кТ/с	-	ДУА-	ФАN	KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z
18	FT	342	TX	0	4,051	кТ/с	FIELDBUS	ДУА-	ФАN	KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z
19	FT	342	Е	0,799	17896	кТ/с	Да	ДУ080-	NBZBS2-	4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/T01/LTE03/PM1/WR/PT/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z	NBZBS2- 4N/KF1/SC/T/Z

Обозначение		Производитель		Клипан		Тип привода		Позиционер		Тип сигнала	
Функция	Контур #	Тип		Тип		Тип привода		Позиционер	Тип сигнала		
FCV	342	VC	Fisher	EZ-C		Пневм/диафрагм/пруж	DVC одност.		Fieldbus		
LCV	342	VC	Fisher	EZ-C		Пневм/диафрагм/пруж	DVC одност.		Fieldbus		
PCV	11	VC	Fisher	ET-C		Пневм/диафрагм/пруж	DVC одност.		Fieldbus		
TCV	351	VC	Fisher	EZ-C		Пневм/диафрагм/пруж	DVC одност.		Fieldbus		
UCV	681A	VC	Seven Glocon	5413		Пневм/поршн/пруж	Siemens PS2		HART		
UCV	681B	VC	Seven Glocon	5413		Пневм/поршн/пруж	Siemens PS2		HART		
								DVC двуст.	Fieldbus		

Технические Характеристики

Преобразователь температуры
Модели YTA310, YTA320

YTA SERIES

(Исполнение: S3)

GS 01C50B02-00RU

Приборы YTA310 и YTA320 представляют собой высокоточные измерительные преобразователи температуры, принимающие входные сигналы от термопар, термометров сопротивления, омических или милливольтных устройств пост. тока и преобразующие их для передачи в виде сигнала 4... 20 мА постоянного тока. Прибор YTA310 является моделью с одним входным сигналом датчика, а прибор YTA320 является моделью с двумя входными сигналами. Обе модели поддерживают протокол связи BRAIN или HART®, а YTA320 также поддерживает протокол связи FOUNDATION Fieldbus.

В стандартной конфигурации преобразователи температуры YTA310/320, кроме версии с протоколом связи Fieldbus, сертифицированы TUV, как удовлетворяющие требованиям безопасности SIL 2.

Технические требования к протоколу связи Fieldbus, которые обозначаются символом "◇", приведены в документе GS 01C50T02-00RU.

■ ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Выдающиеся рабочие характеристики

Основанные на микропроцессорной технике измерения гарантируют высокую точность и надежность.

Высокая надежность

Двухсекционный корпус обладает высокой устойчивостью к жестким условиям окружающей среды и YTA310/320 удовлетворяет требованиям безопасности уровня SIL2.

Разнообразие измерительных входных сигналов

Тип измерительного входного сигнала выбирается пользователем (от термопар (ТП), термометров сопротивления (ТС), омических или милливольтных устройств пост. тока).

Цифровая связь

Возможно использование протокола связи BRAIN или HART®. Используя коммуникатор BT200 или HART®, пользователь может изменять конфигурацию прибора.

Функция самодиагностики

Возможность непрерывной самодиагностики гарантирует длительное сохранение рабочих характеристик и низкие эксплуатационные затраты.

ЖК-дисплей с линейным индикатором

Жидкокристаллический дисплей обеспечивает цифровую индикацию и является одновременно процентным линейным индикатором.

Два универсальных входа (модель YTA320)

Прибор YTA320 может принимать два входных сигнала от термопар, термометров сопротивления, омических или милливольтных устройств пост. тока. Может быть выбрано измерение дифференциальной или средней температуры. Функция резервирования датчика производит автоматическое переключение с главного на резервный датчик в случае неисправности датчика.

■ СТАНДАРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

□ РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Погрешность

Тип обмена данными - BRAIN, HART:
Погрешность АЦП / Шкала (интервал измерений) +
Погрешность ЦАП
(См. табл. 1 на стр. 3).



Тип обмена данными – связь по шине Fieldbus:

Погрешность АЦП
(См. табл. 1 на стр. 3).

Погрешность компенсации холодного спая
(Только для термопар)
 $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,9^{\circ}\text{F}$)

Влияние температуры окружающей среды

Тип обмена данными - BRAIN, HART:
Сумма температурных коэффициентов АЦП и ЦАП.
(См. табл. 2 на стр. 4).

Тип обмена данными – шина оборудования Fieldbus:
Температурный коэффициент АЦП (см. табл. 2 на стр. 4).

Стабильность

Термометр сопротивления (RTD):
 $\pm 0,1\%$ от показаний или $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ за каждые 2 года,
наибольшее из этих значений при $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Термопара (T/C):
 $\pm 0,1\%$ от показаний или $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ за каждый год,
наибольшее из этих значений при $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

5 летняя стабильность

Термометр сопротивления (RTD):
 $\pm 0,2\%$ от показаний или $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$,
наибольшее из этих значений при $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Термопара (T/C):
 $\pm 0,4\%$ от показаний или $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$,
наибольшее из этих значений при $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Влияние вибрации

10... 60 Гц: пиковое смещение 0,21 мм
60... 2000 Гц: 3G

Влияние радиочастотных помех

Измеряется по стандарту EN 50082-2. Интенсивность поля до 10 В/м.

Влияние напряжения питания

$\pm 0,005\%$ от калиброванной шкалы (интервала измерений) на 1 Вольт.

Влияние положения

Нет

□ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Входной сигнал

YTA310: один входной сигнал, YTA320: два входных сигнала.
Выбираются из следующих типов: от термопар, 2-, 3- и 4-проводных термометров сопротивления, омических или милливольтных устройств пост. тока. См. табл. 1 на стр. 3.

Предельные значения шкалы и диапазона измерений
См. табл. 1 на стр. 3.

YOKOGAWA ◆

ООО "ЙОКОГАВА ЭЛЕКТРИК СНГ"
Грохольский пер.13, строение 2, 129090 Москва, РОССИЯ
Телефон: (+7 495) 737-78-68/71 Факс: (+7 495) 737-78-69

GS 01C50B02-00RU
© Авторское право Июнь 1998
22-е издание, апрель 2013

Манометр с трубкой Бурдона Нержавеющая сталь, безопасное исполнение Модели 232.30, 233.30

WIKA типовой лист PM 02.04



Другие сертификаты приведены на стр. 3

Применение

- Повышенные требования к безопасности
- Корпус с гидрозаполнением для применений с высокими динамическими нагрузками или вибрациями¹⁾
- Для агрессивных газообразных и жидких сред, не обладающих высокой вязкостью и не склонных к кристаллизации, а также в условиях агрессивной окружающей среды
- Промышленное производство: химическая/нефтехимическая промышленность, электростанции, разработка месторождений, добыча нефти и газа на материке и шельфе, природоохранные технологии, машиностроение и общезаводское проектирование

Особенности

- Безопасный манометр, имеющий конструкцию с внутренней перегородкой в соответствии с техническими требованиями по безопасности по EN 837-1
- Великолепная устойчивость к нагрузкам и ударам
- Полностью из нержавеющей стали
- Диапазон шкалы до 0 ... 1600 бар

Описание

Конструкция
EN 837-1

Номинальный диаметр в мм
63, 100, 160

Класс точности
NS 63: 1.6
NS 100, 160: 1.0

Диапазоны шкалы

NS 63: от 0 ... 1 до 0 ... 1000 бар
NS 100: от 0 ... 0.6 до 0 ... 1000 бар
NS 160: от 0 ... 0.6 до 0 ... 1600 бар
или все другие эквивалентные диапазоны для вакуума или мановакuumетрического давления

¹⁾ Модель 233.30



Манометр с трубкой Бурдона модели 232.30

Ограничения по давлению

NS 63:	Постоянное: 3/4 x значение полной шкалы
	Переменное: 2/3 x значение полной шкалы
	Кратковременное: Значение полной шкалы
NS 100, 160:	Постоянное: Значение полной шкалы
	Переменное: 0.9 x значение полной шкалы
	Кратковременное: 1.3 x значение полной шкалы

Допустимая температура

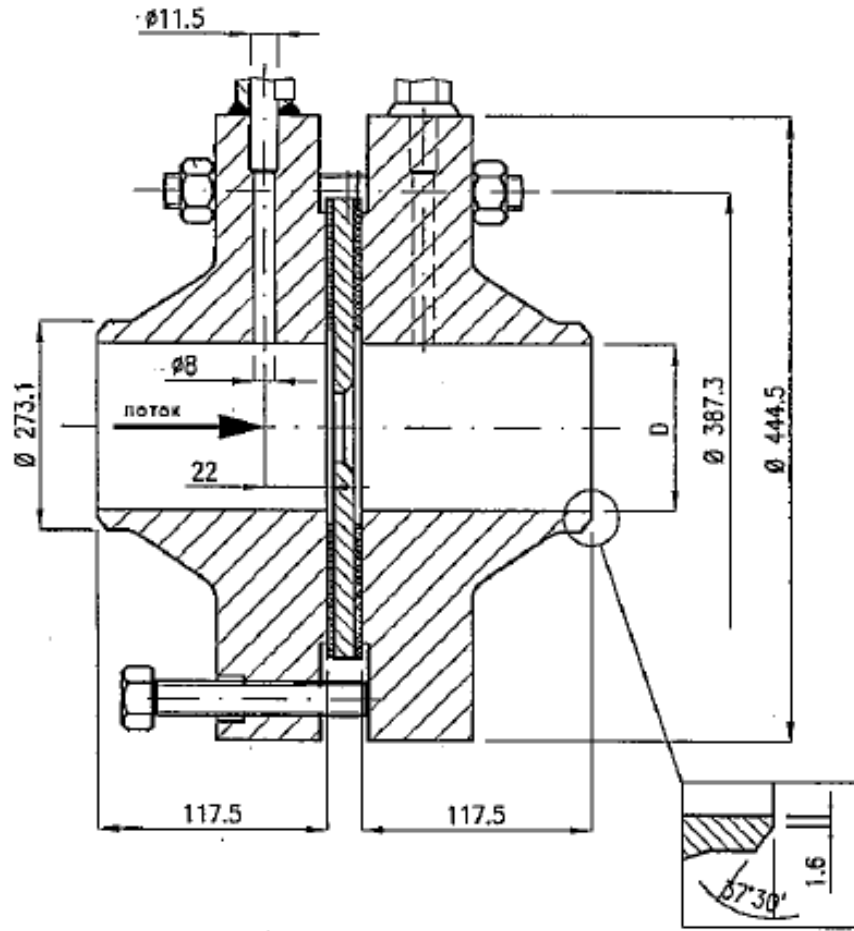
Окружающей среды:	-40 ... +60 °C без гидрозаполнения
	-20 ... +60 °C манометры с заполнением глицерином ¹⁾
Измеряемой среды:	+200 °C максимум без гидрозаполнения
	+100 °C максимум с гидрозаполнением ¹⁾

Влияние температуры

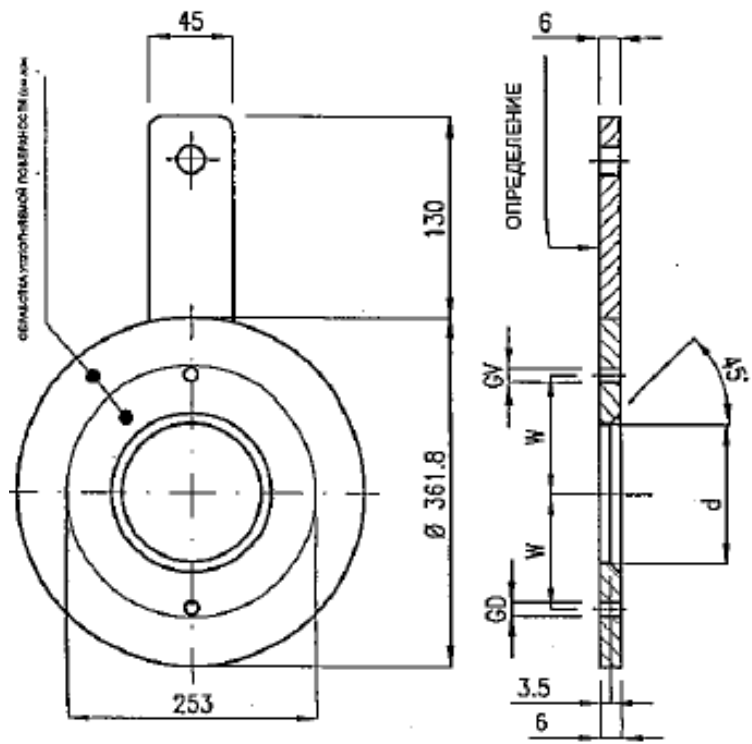
При отклонении температуры измерительной системы от нормальной (+20 °C):
макс. ±0.4 %/10 K от значения полной шкалы

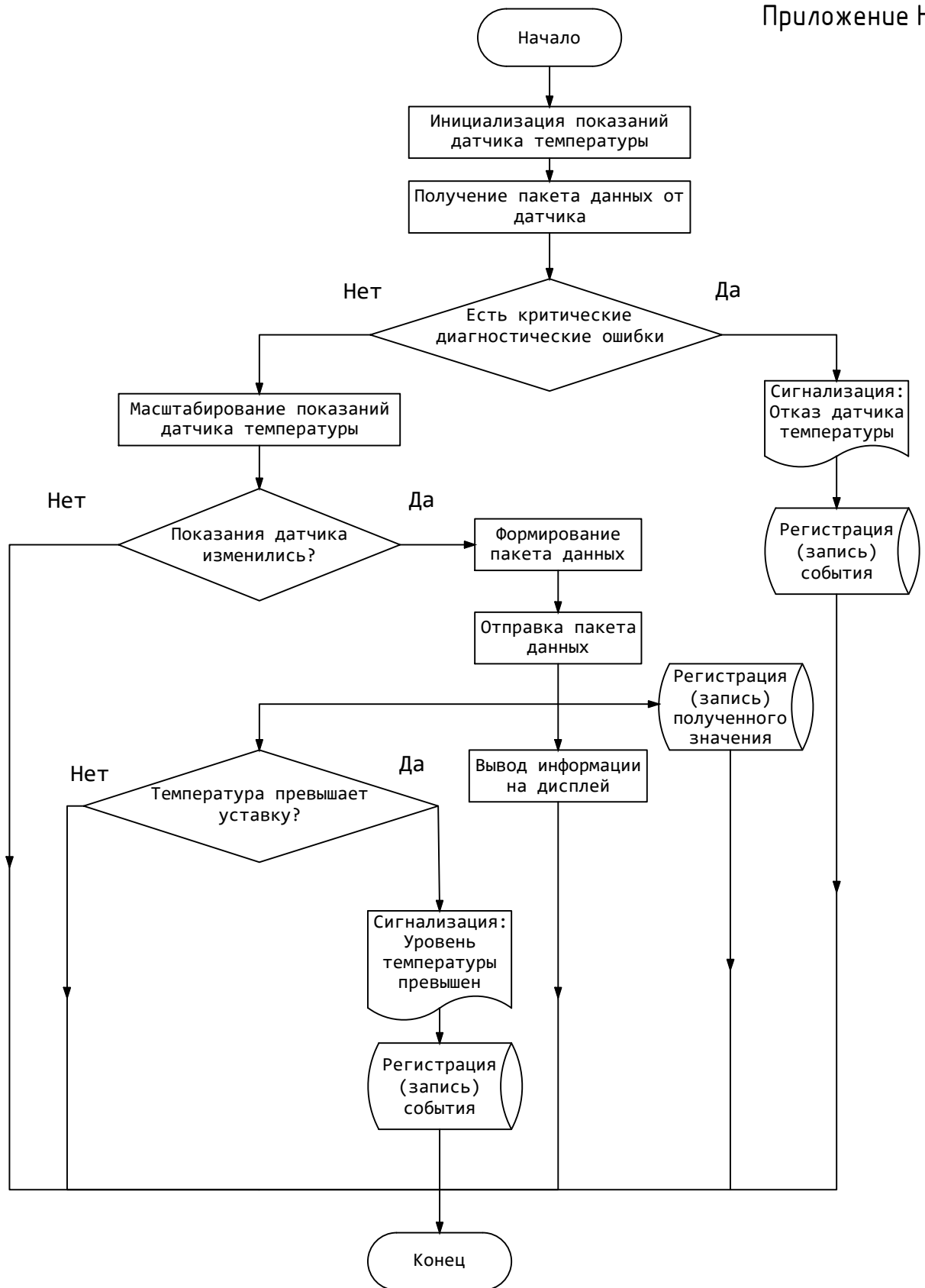
Пылевлагозащита

IP65 в соответствии с IEC/EN 60529
(манометры с присоединениями сзади: IP55)



ДЕТАЛЬНЫЙ ЧЕРТЁЖ
ДИАФРАГМЫ



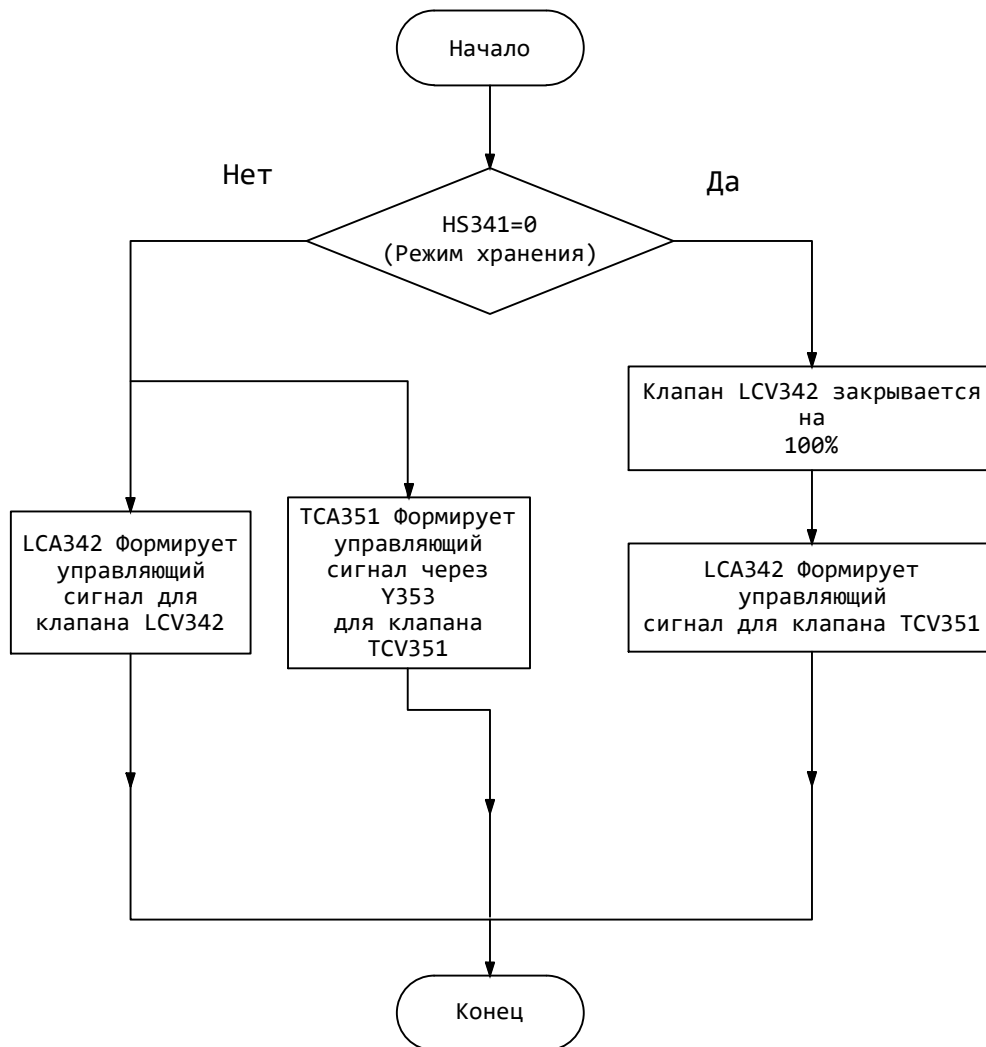


ФЮРА.425280.001.ПБ.01

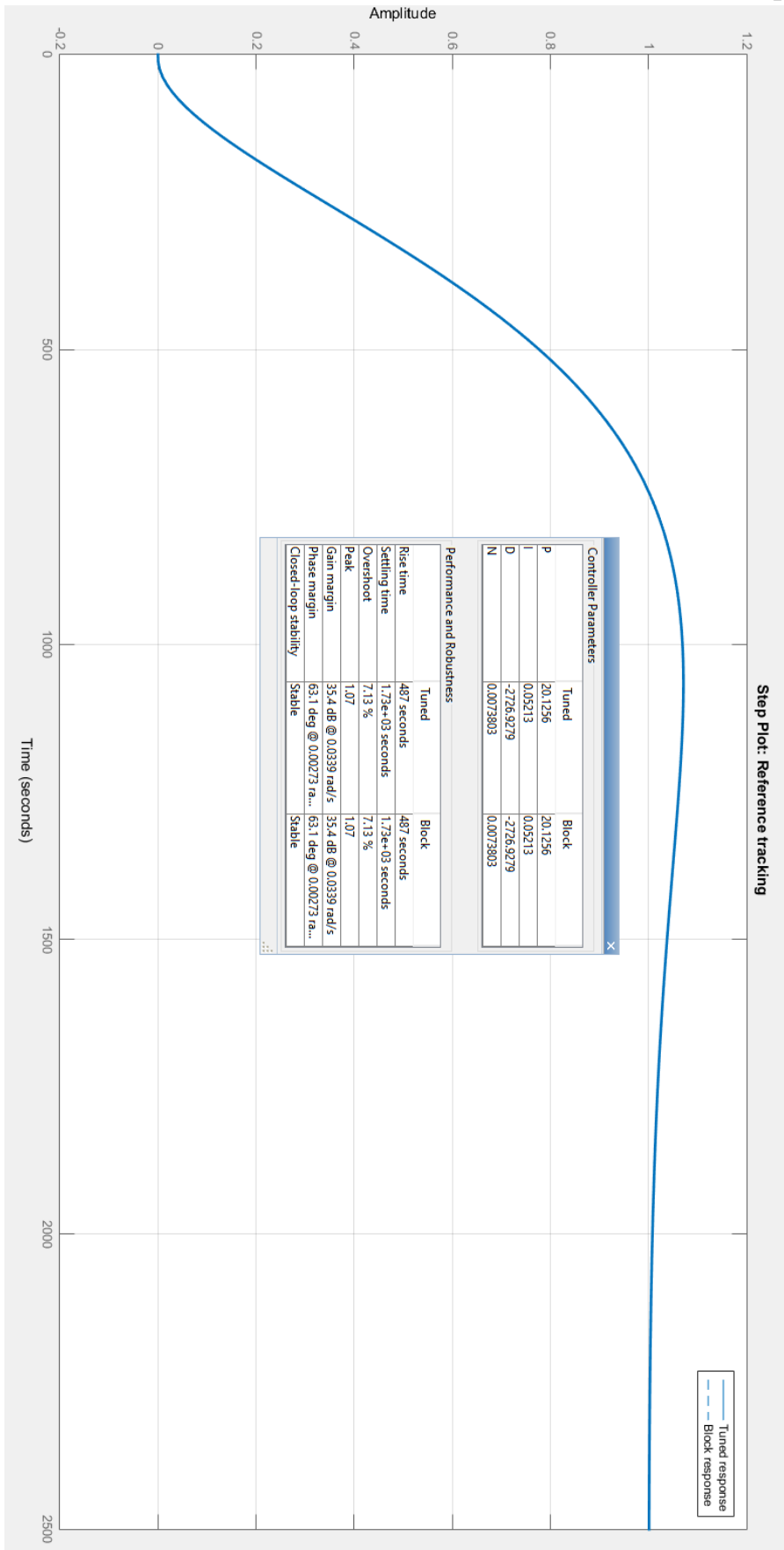
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб.		Масалов А.М.		31.05.17
Пров.				

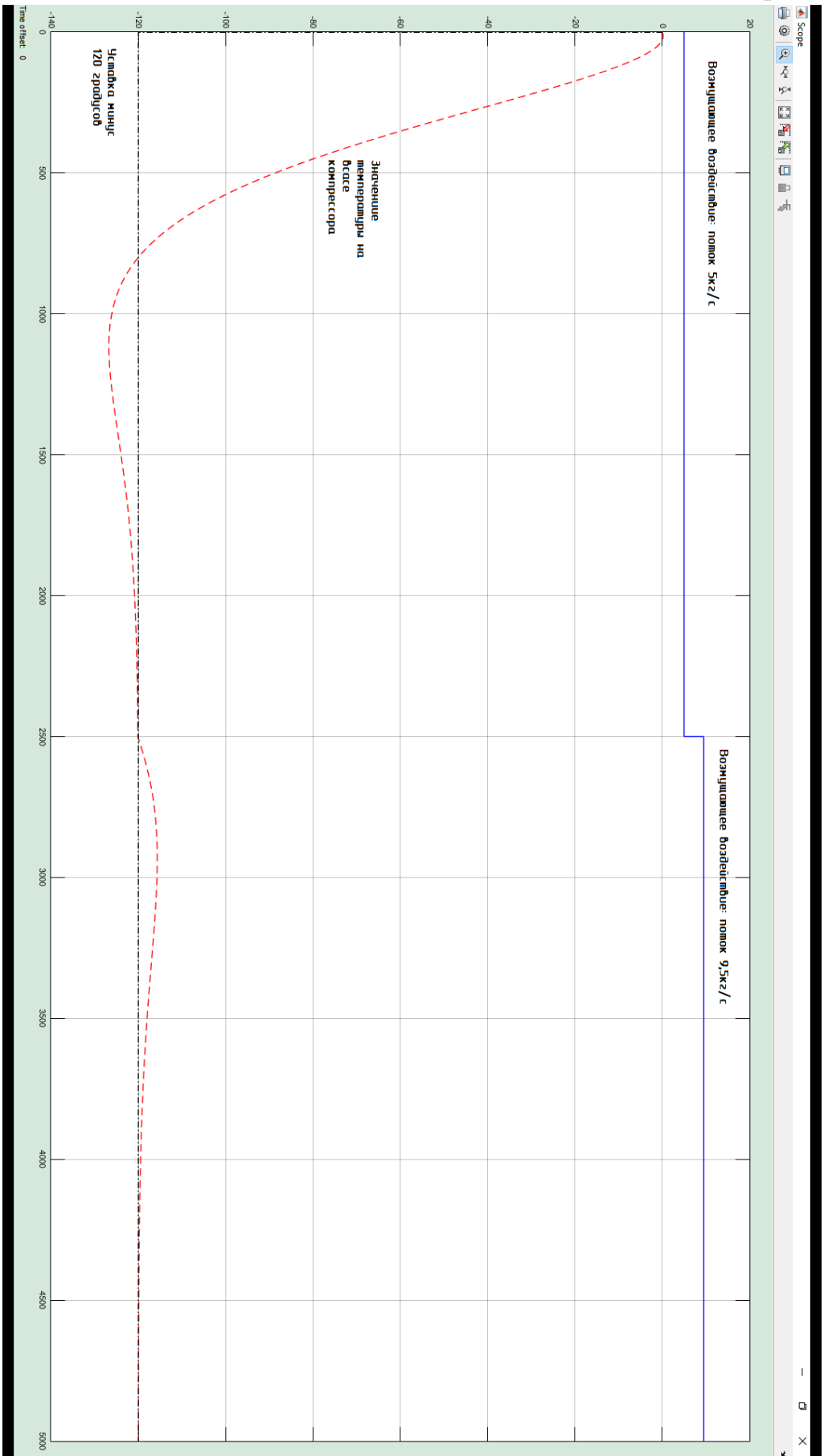
Алгоритм обработки данных с датчика ТТЗ43

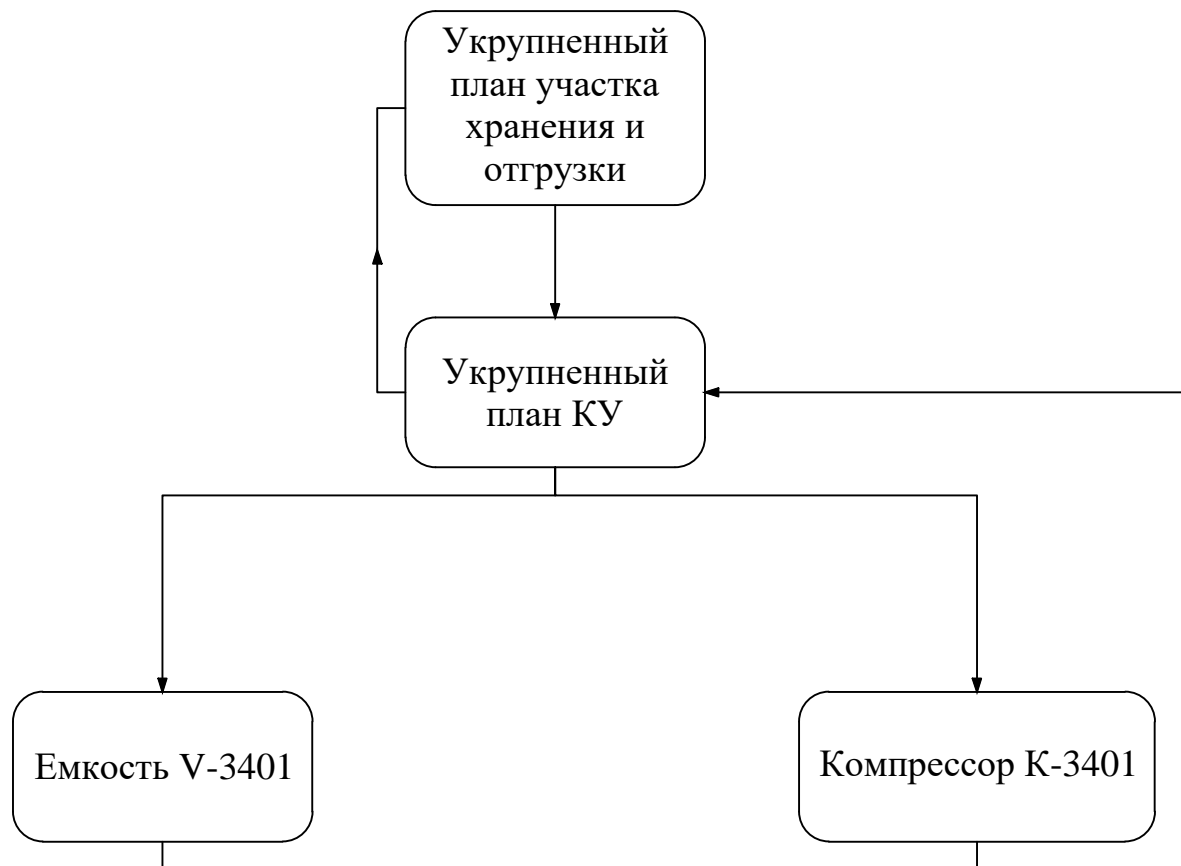
Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 3	



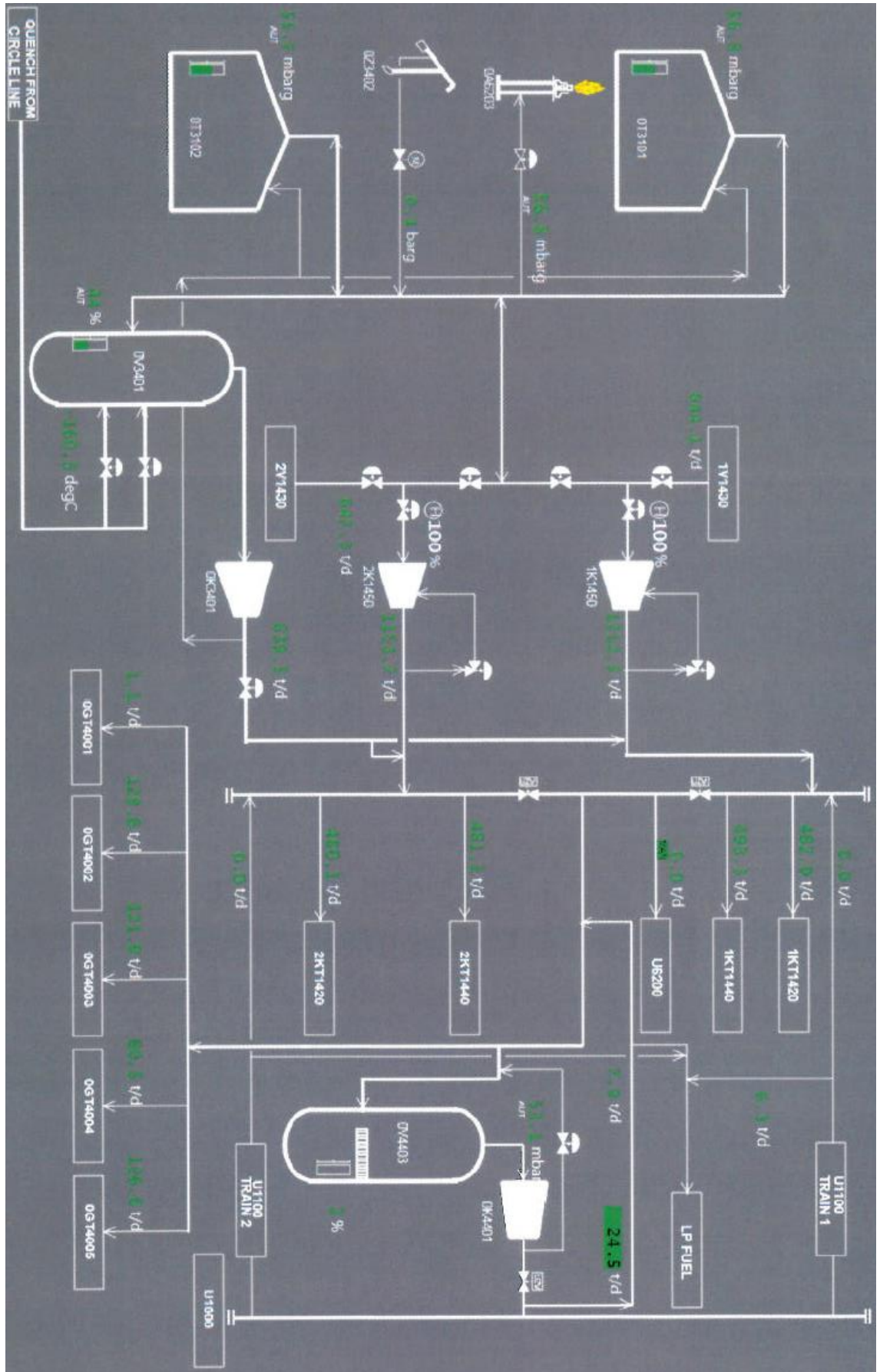
					ФЮРА.425280.001.ПБ.02			
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Алгоритм выбора управляющего воздействия для клапанов TCV 351 и LCV342	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Масалов А.М.		31.05.17		У		
Пров.						Лист 2	Листов 3	
					ТПУ, СУМ, 3-8Т22			





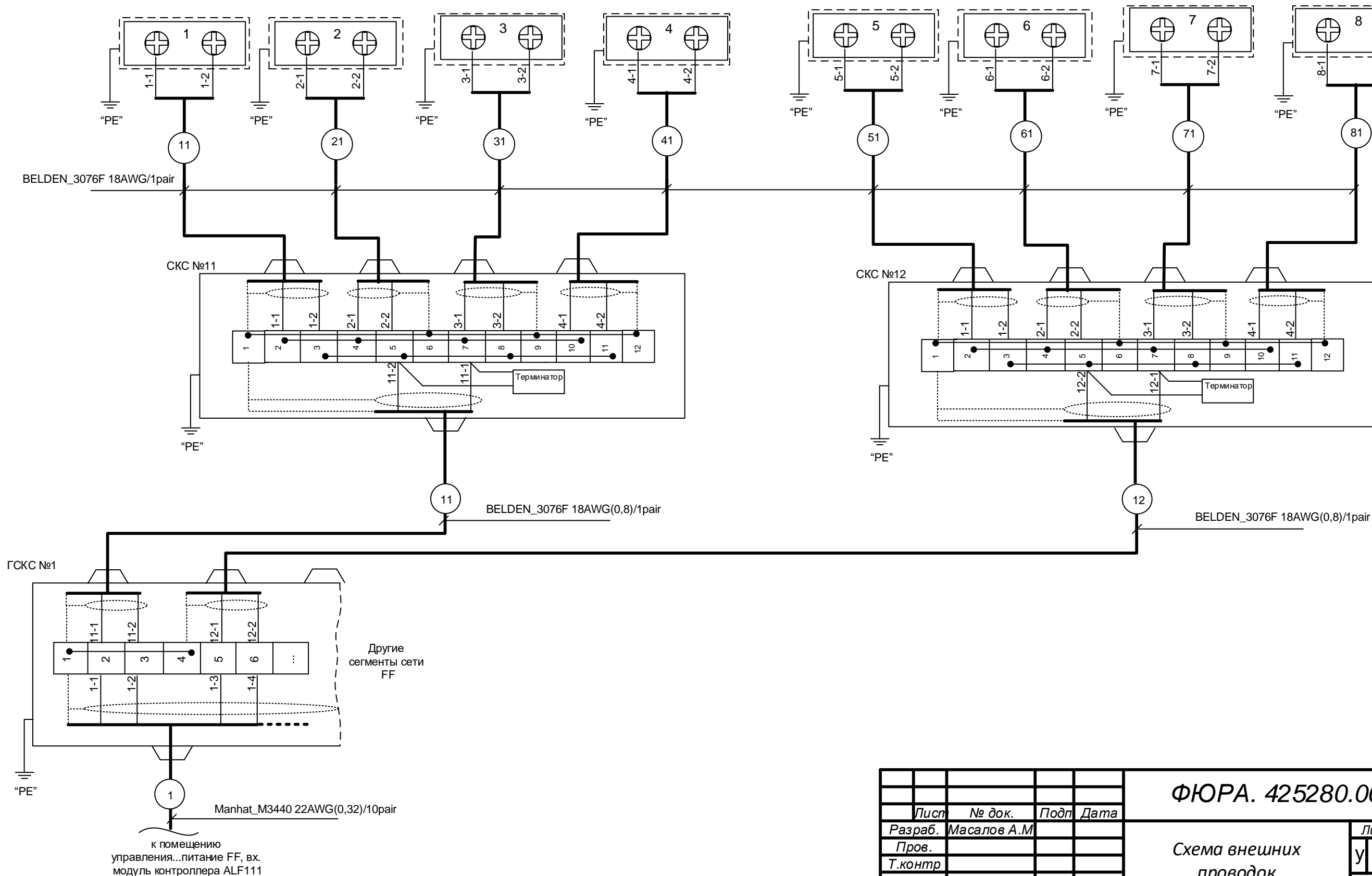


					ФЮРА.425280.001.ПД.03			
						Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Дерево экранных форм для SCADA ПО	У		
Разраб.		Масалов А.М.		31.05.17				
Пров.								
						Лист 3	Листов 3	
						ТПУ, СУМ, 3-8Т22		



Наименование параметра	Уровень LT342	Расход FT341	Температура ТТ341, ТТ343	
Место отбора	Емкость V-3401	СПГ к V-3401	Отпарн газ к V-3401	Емкость V-3401
Тип датчика	Yokogawa EJA110A-	Yokogawa DYA-FN4	Yokogawa YTA320-	
Позиция	1	2	3	4

Давление РТ351	Расход FT351	Температура ТТ351, ТТ356	
Всас К-3401	Нагнетание К-3401	Всас К-3401	Нагнетание К-3401
Yokogawa EJA430A-	Yokogawa EJA110A-	Yokogawa YTA320-	
5	6	7	8



ФЮРА.425280.001.C4.01			
Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Масалов А.М.		
Пров.			
Т.контр			
Н.контр			
Утв.			
Схема внешних проводов		Лит.	Масса/Масштаб
		у	
ТПУ СУМ Гр 3-8Т22			

1	Тип оборудования	Ротационный газовый компрессор НД(ПД) + Коробка передач + Электродвигатель				Дело	Проект						
2	Поставщик / Производитель	SIEMENS PG I				Основной проект.	Проект						
3	Тип №	Механическо-электрик				6950	КВт						
4	Скорость	9951	об/мин.	Габариты д х ш х в	1464,4x3,7		м						
5	1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ												
6	Запрос касается шумовых порогов указанного ниже оборудования.												
7													
8	2 УРОВЕНЬ ШУМА, КОТОРЫЙ НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ ОБОРУДОВАНИЕ												
9	Шум, создаваемый оборудованием, не должен превышать ограниченный уровень шума												
10	указанный в таблице ниже, при любых условиях эксплуатации, которые соответствуют												
11	стандартному использованию агрегата.												
12	Lp – это максимальный (А-с нагрузкой) уровень звукового давления, дБ на 20 мПа в любом направлении на расстоянии 1 м от												
13	поверхности оборудования, Lw – это максимальный (А-с нагрузкой) уровень звукового давления, дБ на 1 кВт												
14	Если уровень шума генераторов оборудования, оснащенного тональными либо импульсными компонентами, превышает												
15	ограничения на 5 дБ (А).												
16	Уровень шума проверяется на соответствие следующим стандартам: Серия ИСО 3740, серия ИСО 11200 либо ИСО 9614												
17													
18	3 ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПОДАЧИ ВМЕСТЕ С ТЕНДЕРОМ												
19	Справка об уровне шума подается вместе с документацией тендера, и в ней указываются проверенные данные об уровне шума.												
20	Поставщик указывает средства, задействованные для приведения уровня шума в соответствие с требованиями												
21	По мере возможности, также прилагается укомплектованный лист или форма запроса бытовой акустической системы												
22	(см. DEP 31 10 00 95-Gen./DEP 31 10 00 96-Gen.)												
23													
24	Оборудование наименования / положение		Уровни шума, гарантируемые поставщиком дБ(А)								b Шум предел дБ(А)	Примечания	
25			(верное отклонение поля допуска + 0 дБ)										
26			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Итого дБ (А)	111	Средства глушения
27			Гц	Гц	Гц	Гц	кГц	кГц	кГц	кГц			
28	Весь агрегат	Lp	57	68	71	74	79	81	75	85	85	85	Шум оптимизирован для проект для коробки передач
29	(без системы смазки и трубопровода)	Lw	79	91	94	96	101	103	96	85	106	111	
30	Корпус газового компрессора НД 1)	Lp	39	53	59	67	73	75	73	83	79		
31	1)	Lw	57	71	77	85	91	93	91	81	97		
32	Корпус газового компрессора ВД 1)	Lp	29	43	49	57	63	65	63	53	69		
33	1)	Lw	47	61	67	75	81	83	81	72	87		
34	Коробка передач 1)	Lp	51	63	72	80	83	83	77	66	88		
35	1)	Lw	68	80	89	97	100	100	94	85	105		
36	Коробка передач 2)	Lp	47	48	50	55	54	53	47	39	60		акустической системы
37	2)	Lw	64	65	67	72	71	70	64	56	77		
38	Электродвигатель 3)	Lp	56	68	71	73	78	79	71	60	83		Проект с низким уровнем шума
39	3)	Lw	79	91	94	96	101	102	94	83	106		
40		Lp											
41		Lw											
42		Lp											
43		Lw											
44		Lp											
45		Lw											
46		Lp											
47		Lw											
48	Покупатель указывает:												
49	- В графе «b» - предельный уровень шума												
50	- В столбце «a», с указанием соответствующего номера, какие из следующих пунктов применимы к требуемому уровню шума.												
51	1) без акустических систем												
52	2) с акустическими системами												
53	3) решение с особо низким уровнем шума												
54	4) наилучшая оценка поставщика, не обязательно, гарантированная												
55													
56													
57													
58													