

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированное управление оборудованием газоперекачивающего агрегата компрессорной станции

УДК 681.51.01:622.691.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Глухов Иван Юрьевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Громаков Евгений Иванович	Доцент, к.т.н.		
Руководитель ООП	Суходоев Михаил Сергеевич	Доцент, к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.ЭКОН.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	Доцент, к.т.н.		

Томск – 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР(пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и

		FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3,), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Суходуев М.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ61	Глухову Ивану Юрьевичу

Тема работы:

Автоматизированное управление оборудованием газоперекачивающего агрегата компрессорной станции
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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>Объект исследования: газоперекачивающий агрегат компрессорной станции. Режим работы – круглосуточный, круглогодичный. Объекты процесса: газоперекачивающий агрегат, компрессорный цех, компрессорная станция. Повышенные требования к безопасной эксплуатации газоперекачивающего агрегата.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Разработка и исследование интегрированной автоматизированной системы управления газоперекачивающего агрегата компрессорной станции. Разработка базы данных, инфологической модели базы данных. Разработка подсистем: сбора и хранения данных, диспетчеризации, контроля состояния активов.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич
Раздел на иностранном языке	Щепетовский Денис Владимирович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Громаков Евгений Иванович	Доцент, к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Глухов Иван Юрьевич		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Уровень образования – магистратура
Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники
Период выполнения – весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Громаков Евгений Иванович	Доцент, к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.04 АТПП	Суходоев Михаил Сергеевич	Доцент, к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 95с., 18 рисунков, 20 таблиц, список используемых источников содержит 21 наименование.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, база данных, архивирование, автоматизированная система управления.

Объектом исследования является газоперекачивающий агрегат компрессорной станции, управляемый цеховыми инженерными службами.

Цель работы – разработка и исследование интегрированной автоматизированной системы управления газоперекачивающего агрегата компрессорной станции.

Актуальность исследования. В настоящее время на цеховом уровне производства является важным сбор и обработка информации в большом объеме, поступающей из полевого уровня автоматизации. В последнее время много внедряются и изучаются различные системы больших данных для эффективного управления предприятием и технологическим оборудованием. В настоящее время на предприятиях в большей или меньшей степени автоматизированы технологические процессы, помощью различных систем АСУТП (DCS & SCADA). К сожалению заметного повышения уровня автоматизации, не произошло, большей частью все свелось к замене технических средств. Системы для автоматизации различных процессов контроля и управления предприятием или его частью часто разрабатываются независимо друг от друга и выполняют локализованные функции. Появилась необходимость интеграции нескольких систем в единую, чтобы одновременно можно было оценивать работу всего предприятия, цеха или конкретного оборудования.

Степень разработанности проблемы. Анализ научной, учебной, периодической, методической, справочной литературы, а также нормативных документов и электронных источников показал, что проблема большого количества данных и внедрения автоматизированных систем управления оборудованием компрессорных станций на базе интегрированных систем и подсистем управления, в том числе управления данными. Так, вопросы ВІ-систем представлены в работах: В.М Маков – Анализ системы управления инновационной деятельностью предприятия нефтегазового комплекса, разработка System Advanced Project Ltd – описание системы Matrix Mes. Разработки «Парма-Телеком» – корпоративные информационные системы ВІ.

Задачи исследования. Задачами диссертационного исследования является разработка и исследование автоматизированной системы управления оборудованием газоперекачивающим агрегатом для повышения эффективности предприятия на цеховом уровне, определение оборудования автоматизированного управления, разработка подсистем и интеграция в единую систему обработки информации, создание базы данных, определение ключевых показателей оборудования, взаимосвязь данных и их визуализация.

Содержание

Обозначения и сокращения	11
Введение	12
Литературный обзор	15
1. Техническое описание системы и оборудования	16
1.1 Состав системы	19
1.1.1 Система состоит из следующих устройств и функциональных узлов:	19
1.2 Устройство управления	21
1.3 Расширитель №1	28
1.4 Расширитель №2	28
1.5 Блок экстренного останова	29
1.6 Блок защиты агрегата	30
1.7 Обеспечение отказоустойчивости системы	30
2. Структура управления объектами	32
3. Использование системы	34
3.1 Порядок работы с системой	34
3.2 Управление режимом работы ГПА	35
4. Базы данных	43
4.1 Реляционная модель базы данных	43
4.2 Требования к разрабатываемой базе данных	47
4.3 Разработка инфологической модели	48
4.4 Логическое проектирование	52
4.5 Нормализация схемы базы данных	56
4.6 Сбор и хранение данных	58
5. DPU – диспетчеризация производства	61
5.1 Структура подсистемы DPU	62
5.2 Уровни диспетчеризации	63
6. RAS – контроль состояния активов	63
7. Интеграция в единую систему	66
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	70
8.1. Потенциальные потребители результатов исследования	70
8.1.1 Анализ конкурентных технических решений	71
8.1.2 FAST - анализ	74
8.2 Планирование управления научно-техническим проектом	78
8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	78
8.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	79

8.3 Бюджет научного исследования	81
8.3.1 Расчёт материальных затрат.....	82
8.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	83
8.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	85
8.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды	85
8.3.5 Накладные расходы	86
8.3.6 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта	86
8.4 Организационная структура проекта.....	87
8.5 Матрица ответственности.....	88
8.6 Определение ресурс (ресурсосберегающей ной), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	89
9. Социальная ответственность	94
9.1 Меры безопасности при подготовке системы	94
9.2 Обеспечение отказоустойчивости системы	95
9.3 Диагностика целостности цепей управления и сигнализации.....	95
9.4 Действия в экстремальных ситуациях	96
9.5 Обеспечение информационной безопасности.....	97
9.6 Электробезопасность	98
9.7 Взрывобезопасность	100
Заключение	101
Список использованных источников	102
Приложение А.....	104

Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Расшифровка
АВО	Аппарат воздушного охлаждения
БЭО	Блок экстренного останова
ГПА	Газоперекачивающий агрегат
ГТС	Газотранспортная система
ГТУ	Газотурбинная установка
ИМ	Исполнительный механизм
КИП	Контрольно-измерительный прибор
КПД	Коэффициент полезного действия
КЦ	Компрессорный цех
КС	Компрессорная станция
ЛВС	Локальную информационно-вычислительную сеть
ЛПУ	Линейно производственное управление
ОК	Осевой компрессор
ПДС	Производственно-диспетчерская служба
ПРУ	Панель управления
ПТН	Прочие технологические нужды
СИ	Средство измерений
СКЗ	Система катодной защиты
СТН	Собственные технологические нужды
ТГ	Топливный газ
ТП	Технологические потери
ТЭР	Топливо энергетический ресурс
ТТР	Товаротранспортная работа
ЦБН	Центробежный нагнетатель
ЭГПА	Электроприводной газоперекачивающий агрегат
ЭП	Электропровод
ЭСН	Электростанция собственных нужд
ЭТТР	Эквивалентная товаротранспортная система

Введение

Промышленные предприятия постоянно сталкиваются с необходимостью обработки данных, которые в большом объеме поступают с заводов или других объектов. Компании собирают триллионы байт информации о своих клиентах, поставщиках и производственных операциях. Согласно исследованию консалтинговой компании International Data Corporation (IDC), к 2020 г. объем ценных данных увеличится в два раза, и 60% всех собранных данных можно будет использовать в процессе принятия решений.

На производстве ценная информация зачастую рассредоточена по нескольким базам данных, приложениям корпоративного уровня и операционным системам и представлена в разных форматах. При отсутствии единой целенаправленной стратегии обработки информации сотрудникам завода и администрации сложно плодотворно взаимодействовать друг с другом и принимать эффективные решения.

Обработка огромного объема неструктурированных данных, их фильтрация и правильная интерпретация становятся первостепенными задачами для предприятий. Важную роль в их решении играет семантическое представление информации, в частности ее визуализация с помощью построения иерархической модели процессов и производственных установок. Данные должны быть представлены в понятном для пользователей виде и в контексте стоящих перед ними задач.

Решения, обеспечивающие непрерывный контроль рабочих показателей, позволяют отправлять уведомления, формировать задания, запускать рабочие процессы и способствовать решению проблем и выявлению новых возможностей в режиме реального времени. Они также могут включать в себя многофункциональные информационные панели. Данные обрабатываются и доставляются во все отделы предприятия, что позволяет наладить взаимодействие между сотрудниками разных

подразделений и способствует принятию правильных решений. Кроме того, компании получают возможность заменить быстро устаревающую бумажную документацию на электронный документооборот, а также собирать и сохранять экспертные знания специалистов.

Интеграция и визуализация данных жизненно необходимы для любого промышленного предприятия. Очень важно предвосхищать возможные события, сотрудничать и действовать, основываясь на надежной информации. Принцип работы технологий для управления «большими данными» довольно прост: информация непрерывно собирается из массива датчиков, исполнительных механизмов, контроллеров и человеко-машинных интерфейсов, затем сохраняется и воспроизводится. Своевременное предоставление оперативных данных, как на производственном уровне, так и в масштабах всего предприятия, позволяет в режиме реального времени обеспечить оперативный контроль и управление технологическим процессом.

Многие промышленные предприятия уже начали цифровую трансформацию производства, а анализ данных — это ключевой компонент успешного внедрения технологий Industrial Internet of Things (IIoT). Программное обеспечение имеет важную роль в управлении предприятием. Но следует отметить что производство — это не только машины и оборудование. Цифровая трансформация кардинально сместила акценты: теперь конкурентным преимуществом является не тяжелое оборудование, а информация. Инновационные решения, в том числе технологии управления данными и прогнозирования, существенно увеличивают производительность в нефтегазовой промышленности, энергетике, здравоохранении и транспорте.

Дело не только в объеме информации, сама по себе она не увеличивает продуктивность, а скорее, наоборот, снижает ее. Операторы вынуждены, тратить большое количество времени на обработку информации, которая поступает к ним в диспетчерскую. Имея под рукой качественную

информацию, операторы и инженеры могут быстро принимать взвешенные решения в режиме реального времени и делать верные прогнозы.

Анализ данных помогает сократить поломки оборудования, незапланированные простои, внеплановое техобслуживание и количество сбоев в управлении цепочками поставок.

Сегодня возможность видеть и понимать взаимосвязь между критически важными данными и предпринимать соответствующие действия — один из определяющих факторов формирования конкурентного преимущества. Добиться этого можно только при полном объединении всех приложений и используемых ими данных. Обеспечив такой уровень интеграции, промышленные предприятия смогут выявлять и, используя имеющиеся возможности, предотвращать потенциально опасные ситуации на предприятии.

Литературный обзор

Основным источником документации для работ послужила разработка System Advanced Project Ltd – описание системы Matrix Mes. В данной документации рассматривается разработка системы управления предприятием. Выявлены недостатки локальной автоматизации и необходимость построения единой системы управления с объединением множества подсистем.

Для разработки базы данных использовалась литература: Пирогов В. Ю. Информационный системы и базы данных: организация и проектирование. учеб. пособие – СПб.: БХВ – Петербург, 2009. – 528 с. В данном пособии излагаются основные вопросы по организации и проектированию реляционной модели базы данных. Описаны интерфейсы и протоколы, клиентские приложения. Большое внимание уделяется базам данных, программному управлению на языках SQL и QBE.

Рассмотрена статья В.В. Васецкий, В.М. Питолин – Подходы к алгоритмизации диспетчерского управления в производственных системах. В статье рассмотрены особенности выполнения функций диспетчеризации в децентрализованной системе, которые позволяют определить состав и структуру алгоритмов системы управления между модулями. Описана функция диспетчеризации.

В статье М.В. Савчука, Р.В. Мещеряков «Подходы к внедрению ERP-систем на крупных предприятиях» рассмотрены некоторые факторы рисков, имеющих влияние при внедрении ERP- систем в крупных предприятиях. Затрону ряд преимуществ предлагаемых поставщиками таких систем, а также рассмотрены методы снижения издержек при внедрении и сопровождении.

Рассмотрены различные разработки компаний таких как «АО Нефтегазавтоматика», НПП «Томская электронная компания», ООО «КиПиАй Лаб», «Honeywell» и другие.

1. Техническое описание системы и оборудования

Система обеспечивает выполнение полного комплекса управляющих, информационных функций, а также функций регулирования и контроля, необходимых для функционирования ГПА.

Система выполняет следующие функции управления:

- автоматическая проверка пусковой готовности ГПА;
- автоматическая защита ГПА по технологическим параметрам;
- автоматическое поддержание состояний «Холодный резерв», «Горячий резерв» по заданному алгоритму;
- автоматический перевод ГПА из состояния «Холодный резерв» в состояние «Горячий резерв» и обратно по команде оператора;
- автоматическое выполнение проверочных режимов «Проверка защит», «Проверка защит по магнитному подвесу», «Комплексная проверка кранов», «Холодная прокрутка», «Проверка защит блока силового», «Промывка» по заданному алгоритму;
- автоматический пуск ГПА по заданному алгоритму с выводом на рабочие режимы («Кольцо» или «Магистраль»);
- автоматический перевод ГПА из одного рабочего режима в другой (из режима «Кольцо» в режим «Магистраль» и обратно) по заданию оператора или в соответствии с командами, приходящими из САУ верхнего уровня;
- автоматическое управление исполнительными механизмами (ИМ) и кранами топливного и технологического газа по заданным алгоритмам;
- автоматический нормальный останов ГПА со стравливанием и без стравливания газа из контура нагнетателя по команде оператора, по заданному алгоритму;
- автоматический вынужденный останов ГПА со стравливанием и без стравливания газа из контура нагнетателя по сигналам каналов защиты, по заданному алгоритму;

- автоматический аварийный останов ГПА со стравливанием и без стравливания газа из контура нагнетателя по сигналам каналов защиты либо по команде оператора, по заданному алгоритму;
- экстренный аварийный останов ГПА по заданному алгоритму по команде оператора или при отказе программно-аппаратных средств системы;
- автоматический перезапуск с интервалом 3 с вспомогательных механизмов после кратковременного (1 - 5 с) пропадания напряжения 380 В 50 Гц;
- автоматический контроль отработки ИМ на всех режимах работы при наличии сигнализаторов положения;
- дистанционное управление ИМ и вспомогательным оборудованием на работающем или неработающем ГПА;
- запрет выполнения команд оператора при работе ГПА в автоматическом режиме, если они не предусмотрены алгоритмами управления или регулирования.

Система выполняет следующие информационные функции:

- представление на дисплее рабочей станции мнемосхем ГПА с отображением значений наиболее важных измеряемых параметров в местах контроля и состояний исполнительных механизмов;
- представление измеренных значений технологических параметров и значений уставок предупредительной и аварийной сигнализации в единицах физических величин по ГОСТ 8.417;
- представление по вызову оператора измеренных значений технологических параметров на дисплее рабочей станции в графической форме или в виде графиков с отображением линий уставок предупредительной и аварийной сигнализации;
- вычисление параметров при отсутствии возможности их прямого измерения (расход топливного газа, степень сжатия нагнетателя, время наработки ГПА и т.д.) и отображение их значений на экране рабочей станции;

- постоянное представление на дисплее панели управления значений основных технологических параметров ГПА, таких как температура газа за турбиной, частота вращения силовой турбины и газогенератора и др.;
- представление информации о невыполненных предпусковых условиях;
- представление обслуживающему персоналу информации о невыполнении или невозможности выполнения того или иного этапа реализации функций контроля, управления и регулирования по причине неисправности какого-либо исполнительного механизма или при изменении режима работы ГПА;
- представление информации об основных режимах работы ГПА;
- запоминание сигналов, вызвавших аварийный останов, а также значений основных технологических параметров ГПА при срабатывании аварийной защиты с возможностью ретроспективного анализа состояния ГПА;
- представление обслуживающему персоналу информации о неисправности аппаратуры системы;
- представление информации о невыполнении команд управления и регулирования, неисправности цепей управления исполнительными механизмами или отсутствии напряжения на исполнительных механизмах;
- формирование и представление на дисплее рабочей станции массивов текущей и ретроспективной информации в виде непрерывно обновляемых файлов;
- формирование массивов информации для регистрации на принтере и записи на электронном носителе необходимой отчетной документации по вызову оператора или с заданной периодичностью;
- вычисление параметров (при отсутствии возможности их прямого измерения);
- обмен информацией с САУ верхнего уровня.

1.1 Состав системы

1.1.1 Система состоит из следующих устройств и функциональных

узлов:

- устройства управления S4.106-00-17-01;
- расширителя №1 S0.204-00-05-03;
- расширителя №2 S0.304-00-13-01;
- устройства распределения электропитания S0.404-00-00-02;
- блока экстренного останова BCS 510;
- панели управления ПРУ-01-015-02-01;
- технических средств ЛВС;
- блока защиты агрегата БЗА-03-44.

Состав системы приведен на рисунке 1.

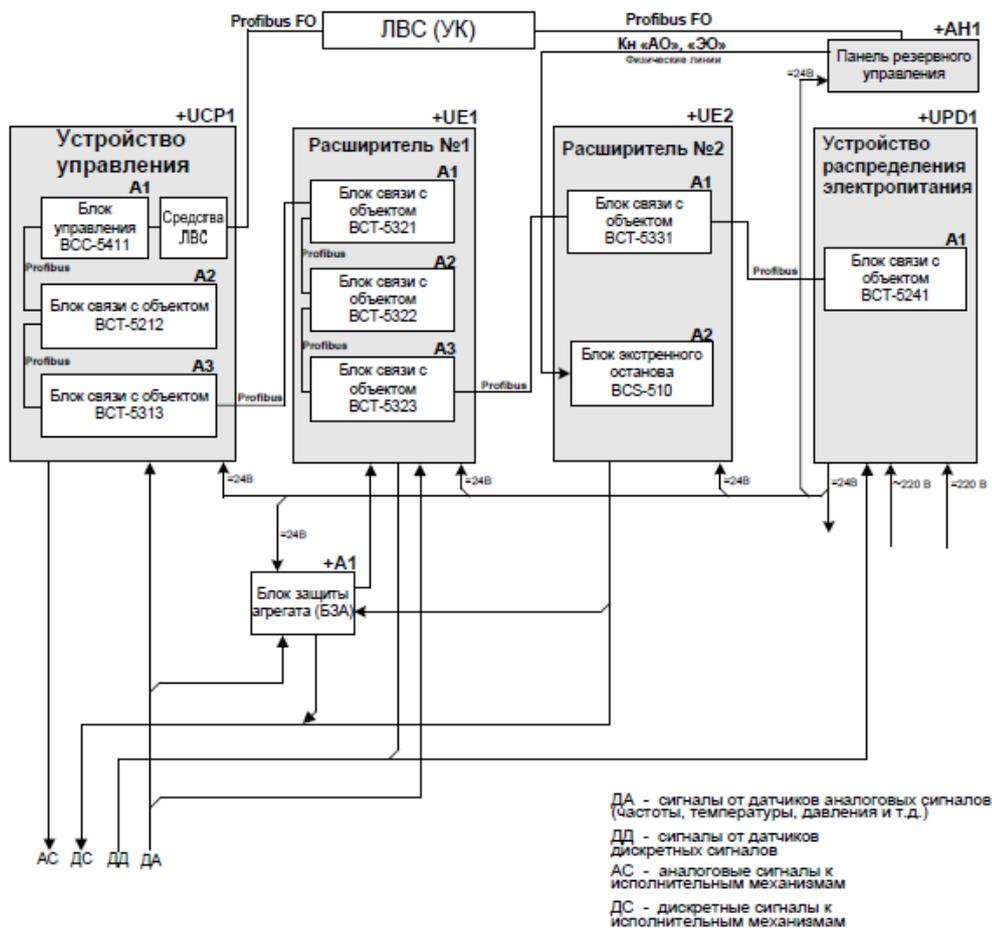


Рисунок 1 – Взаимосвязь элементов системы

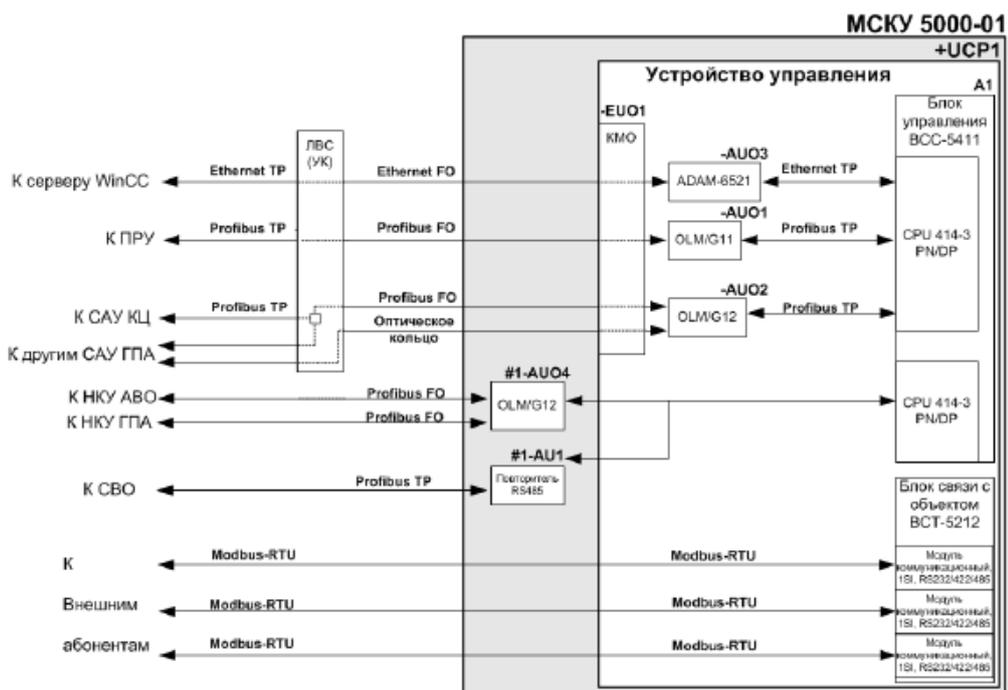


Рисунок 2 – Взаимосвязь системы с внешними устройствами

1.2 Устройство управления

1.2.1 Устройство управления S4.106-00-17-01 (UCP11) обеспечивает:

- обработку и преобразование информации, полученной от датчиков непосредственно и через расширители;
- обработку и преобразование информации, полученной от внешних абонентов по интерфейсам PROFIBUS DP, Ethernet, RS-232, RS-422, RS-485. Внешними абонентами являются ПРУ, система архивирования и представления информации, САУ КЦ, НКУ АВО, НКУ ГПА и т. д.
- хранение и реализацию алгоритмов управления;
- управления ИМ с аналоговым входным сигналом;
- формирование массивов информации для:
 - управления ИМ через расширители;
 - передачи внешним абонентам по последовательным каналам PROFIBUS DP, Ethernet, RS-232, RS-422, RS-485.
- выполнение задач топливного регулирования двигателя и антипомпажного регулирования нагнетателя;

Устройство управления (UCP1) состоит из:

- блока управления, ВСС-5411-00-17-01 (+UCP1-A1);
- блока связи с объектом, ВСТ-5212-00-17-01 (+UCP1-A2);
- блока связи с объектом, ВСТ-5313-00-17-01 (+UCP1-A3);
- блока управления гидроприводом ВНА, А-15.626.60-01 (+UCP1-A4);
- средств связи с объектом;
- технических средств ЛВС.

1.2.2 Блок управления, ВСС-5411-00-17-01 (в дальнейшем – БУ) построен на базе программируемого контроллера S7-400.

Конструктивно контроллер выполнен в виде каркаса с модулями.

Блок питания PS 405, 4A, 24DC/5DC

Стабилизированный блок питания PS 405, 4A, 24DC/5DC (представленный на рисунок 1) имеет выходные напряжения 5 В и 24 В постоянного тока. Блок питания предназначен для подачи напряжения на модули контроллеров S7-400. На вход модуля блока питания PS 405 поступает постоянный ток напряжением в 24 В.

Модуль имеет следующие технические характеристики:

- естественное конвекционное охлаждение;
- штепсельное подключение питающего напряжения с кодированием постоянного/переменного тока;
- выходы с проверкой на короткое замыкание;
- контроль обоих выходных напряжений (если одно из них выходит из строя, блок питания сигнализирует о неисправности в CPU);
- выходные напряжения:
 - постоянного тока: 5.1 В (+2%, -0.5%);
 - постоянного тока: 24 В \pm 5%;
- выходные токи, номинальные значения: =5 В/4 А, =24 В/0,5 А;
- потребляемая мощность: 48 Вт.

На лицевой панели БП PS 405 находятся:

- светодиоды сигнализирующие о внутренних отказах, наличия выходных напряжений равными 5 В и 24 В, а также состояния буферной батареи;

- кнопка деблокировки аварии;
- тумблер выходного напряжения.

Под защитной крышкой расположены:

- отсек для установки батареи буферной (в дальнейшем батареи), которая предназначена для сохранения параметров настройки контроллера и сохранения данных в оперативной памяти;
- трехконтактный винтовой зажим для подключения цепи входного напряжения.

Блоки питания устанавливаются в крайние левые разъемы монтажной стойки.

Так как при снятии питания с контроллера содержимое памяти CPU обнуляется, то необходимо проследить за тем, чтобы состояние батареи всегда было рабочим.

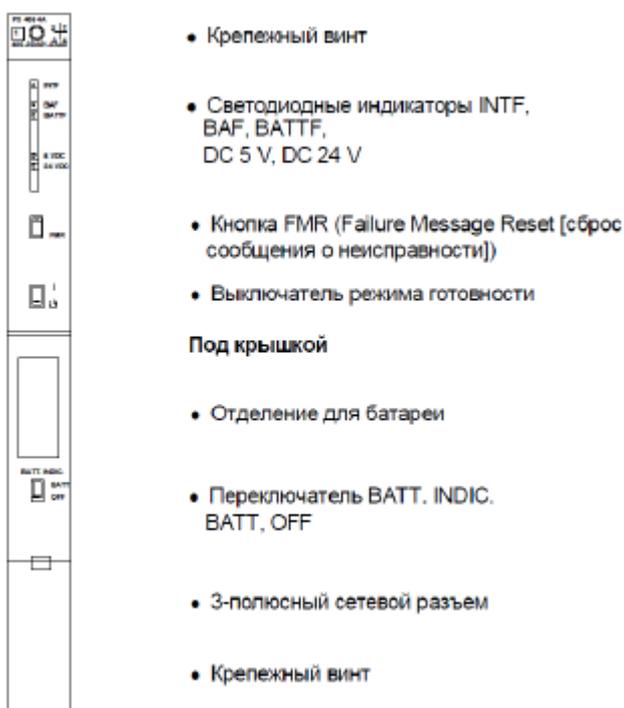


Рисунок 3 – Внешний вид, органы управления и индикаторы блока питания PS 405, 4A, 24DC/5DC

Модуль центрального процессора, CPU 414-3PN/DP

Модуль центрального процессора CPU 414-3 PN/DP выполняет функции хранения и реализации алгоритмов управления, регулирования, сбора данных и обработки данных от аналоговых и дискретных модулей. Также в его задачи входит организация и поддержания непрерывной связи с абонентами коммуникационных сетей.

Эксплуатационные характеристики CPU 414-3PN/DP:

- время выполнения одной двоичной инструкции составляет 45 нс;
- встроенная рабочая память: 1.4 Мбайт;
- встроенная загрузочная память: 512 Кбайт;
- расширение загрузочной памяти осуществляется с помощью карты памяти FLASHEEPROM;

CPU 414-3PN/DP имеет два встроенных порта интерфейса:

- RS 485 /Profibus DP (разъем X1) для подключения распределенных устройств ввода/вывода;
- Ethernet (разъемы X5 P1 и X5 P2).

Разъемы находятся на лицевой панели модуля. Интерфейс Profibus DP, выведенный на разъем X1 может использоваться как многоточечный интерфейс (MPI), предназначенный для подключения устройств программирования.

Слот IF1 предназначен для использования интерфейсного submodule IF964-DP, Profibus-DP, позволяющего использовать третий интерфейс (Profibus-DP).

На передней панели модуля расположены светодиоды (INTF, EXTF, BUS1F, BUS5, IFM1F, FRCE, MAINT, RUN, STOP), они отображают режим работы CPU и сигнализируют о внутренних или внешних неисправностях.

На передней панели расположен переключатель режима работы, с помощью которого можно устанавливать режимы работы CPU: RUN, STOP или MRES.

Технические характеристики:

- напряжение питания: 5 В и 24 В постоянного тока;
- потребляемый ток: по шине S7-400 (5 В постоянного тока) не более 1,4 А; по шине S7-400 (24 В постоянного тока) используется только для MPI/DP интерфейсов, не более 0,15 А на интерфейс;
- ток буферизации: не более 550 мА;
- мощность потерь: не более 5,5 Вт;
- размеры (ШхВхГ): 50x290x219 мм.

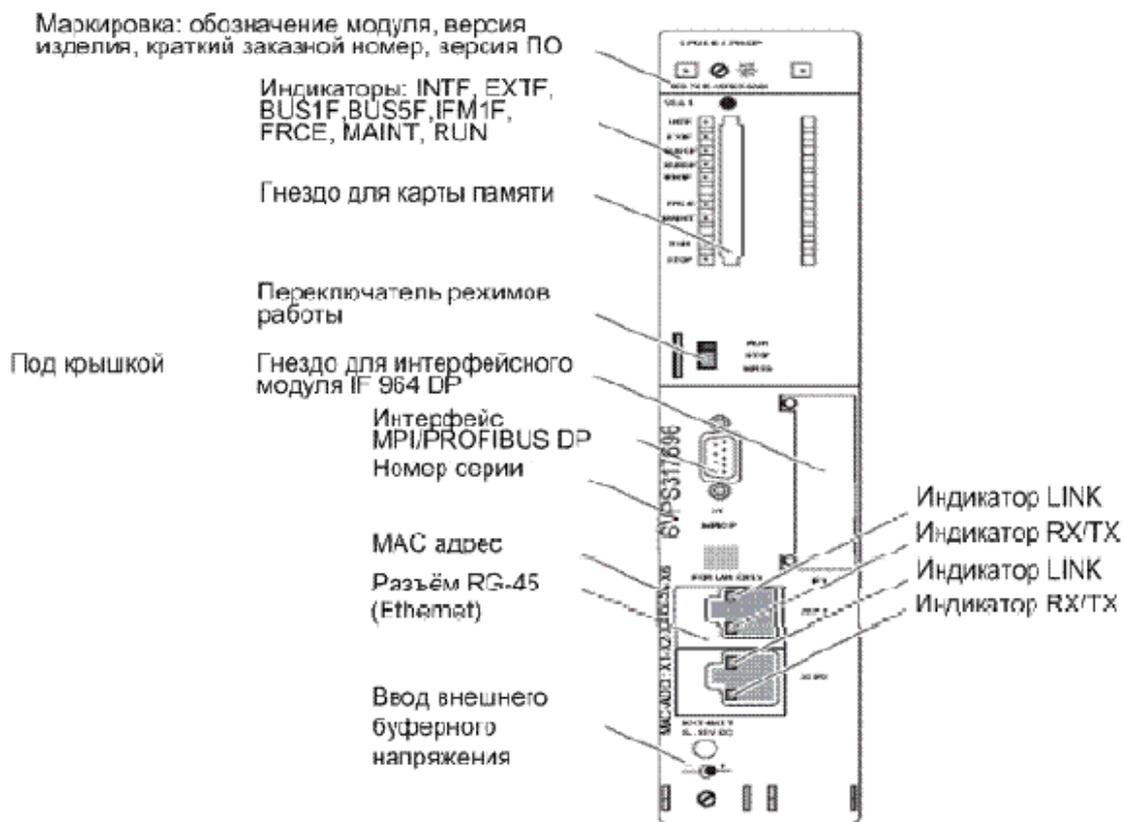


Рисунок 4 – Внешний вид, органы управления и индикаторы модуля центрального процессора, CPU 414-3PN/DP

Блок связи с объектом, ВСТ-5212-00-17-01 построен на основе станции распределенного ввода/вывода ET 200S.

Блок связи с объектом, ВСТ-5313-00-17-01 построен на основе станции распределенного ввода/вывода ET 200M.

Блок управления гидроприводом ВНА, А-15.626.60-01 предназначен для сопряжения контроллера с исполнительным механизмом ИМ-21АФ и датчиком положения ДБСКТ-650-1Ш гидропривода ВНА

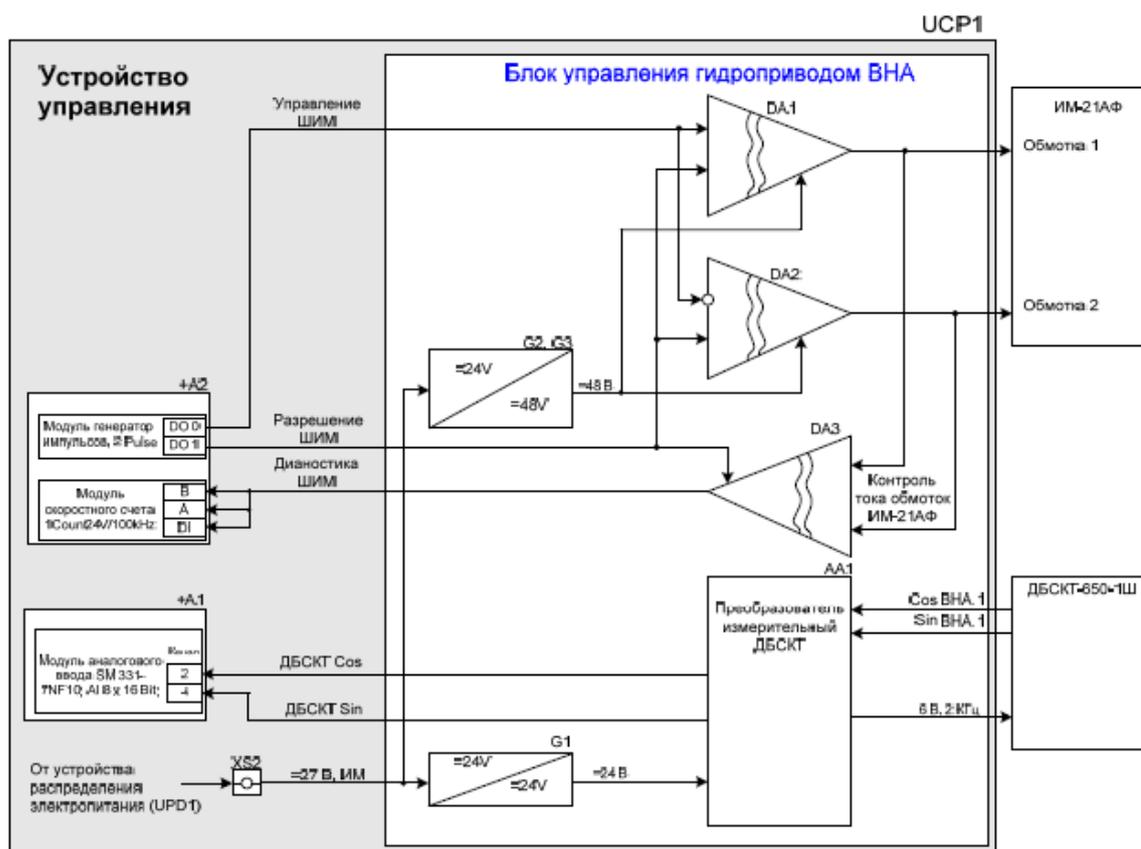


Рисунок 5 – Структурная схема блока управления гидроприводом ВНА

Задатчиком положения (угла) ВНА является управляющая программа, работающая в процессоре S7 (CPU 414-3). Задание преобразуется в два ШИМ-сигнала (прямой и инверсный), формируемые модулем генератором импульсов скважностью $\gamma = [10..90]\%$. ШИМ сигналы поступают на 2 обмотки исполнительного механизма ИМ-21АФ через усилительные оптопары DA1 и DA2.

Сигнал обратной связи (ОС) “положение ВНА” представляет собой синусно-косинусный сигнал, формируемый датчиком положения (трансформатором) ДБСКТ-650-1Ш. Для приведения сигнала к унифицированному виду, используется преобразователь измерительный ДБСКТ, А-15.637.69, преобразующий синусно-косинусные сигналы датчика в потенциальные, пропорциональные синусу и косинусу угла поворота вала СКТ. Преобразователь измерительный ДБСКТ также формирует напряжение питания датчика ДБСКТ - $U_{пит} = 6В, 2кГц$.

Контроль линий связи с исполнительным механизмом осуществляется с помощью оптопары DA3 по наличию непрерывного тока через обмотки ИМ-21АФ, о чем свидетельствует непрерывный потенциальный сигнал на выходе оптопары, подключенной к дискретному входу модуля скоростного счёта 1 Count 24V/100kHz. Преобразователи напряжения G2 и G3 формируют напряжение 48 В для питания цепей управления ИМ-21АФ.

Средства связи с объектом устройства управления предназначены для:

- подключения кабелей от датчиков и аналоговых ИМ;
- приема двухпозиционных сигналов от датчиков, гальванического разделения, нормализации и первичной обработки аналоговых и дискретных сигналов;
- обеспечение взрывобезопасности при подключении датчиков и исполнительных механизмов, размещенных во взрывоопасных зонах.

Средства связи с объектом УСП1 включают в себя следующие изделия:

- усилители-формирователи (AUF1...AUF4) применяются в каналах измерения частоты вращения валов газоперекачивающего агрегата (в дальнейшем – ГПА), предназначены для гальванического разделения и нормализации уровня сигнала.

Технические средства ЛВС служат для организации оптических каналов связи БУ с внешними абонентами по интерфейсам PROFIBUS DP и Ethernet.

1.3 Расширитель №1

1.3.1 Расширитель №1 S0.204-00-05-03 (UE1) предназначен для:

- приема и гальванического разделения входных аналоговых сигналов;
- приема и гальванического разделения входных дискретных сигналов;
- передачи в UCP1 входной информации.

UE1 состоит из:

- блока связи с объектом ВСТ-5321-00-05-03 (+UE1-A1);
- блока связи с объектом ВСТ-5322-00-05-03 (+UE1-A2);
- блока связи с объектом ВСТ-5323-00-05-03 (+UE1-A3);
- средств связи с объектом.

Блоки связи с объектом построены на основе станции распределенного ввода/вывода ET 200M.

1.4 Расширитель №2

1.4.1 Расширитель №2 S0.304-00-13-01 (UE2) предназначен для гальванического разделения, усиления и выдачи управляющих команд на исполнительные механизмы ГПА с одновременным контролем исправности цепей управления.

1.4.2 UE2 состоит из:

- блока связи с объектом ВСТ-5331-00-13-01 (+UE2-A1);
- блока экстренного останова BCS 510 (+UE2-A2);
- средств связи с объектом.

1.4.3 Блок связи с объектом построен на основе станции распределенного ввода/вывода ET 200M.

1.4.4 Средства связи с объектом UE2 предназначены для:

- подключения кабелей от ИМ;

- усиления сигналов управления ИМ, формируемых блоком связи с объектом;

- формирования сигналов целостности цепи управления ИМ.

В состав средств связи с объектом UE2 входят:

- реле (AK1 – AK64), предназначенные для усиления команд управления ИМ;

- оптопары (DA1 – DA64), предназначенные для контроля целостности цепи управления (линий связи с ИМ);

- блоки предохранителей с плавкими вставками (XFU*), служат для защиты цепей управления ИМ от «короткого» замыкания;

- клеммные соединители кросса внешних подключений (XDO*), предназначенные для подключения кабелей от исполнительных механизмов ГПА.

1.5 Блок экстренного останова

Блок экстренного останова BCS 510 (в дальнейшем – БЭО) служит для останова ГПА в экстренной ситуации, когда программно-аппаратными средствами системы остановить агрегат не удастся. В этом случае сигнал от кнопки «ЭО», расположенной на ПРУ, подается на блок экстренного останова, в котором происходит включение выходных реле, формирующих команды ЭО, с одновременной блокировкой всех остальных каналов управления. В состав БЭО входят выходные реле и таймеры, регламентирующие время формирования команд ЭО и задержку на открытие свечных кранов.

Сторожевой таймер, входящий в состав БЭО, формирует команду на включение ЭО в случае выхода из строя (“зависания”) контроллера UCP1.

Конструктивно БЭО размещается на панели UE2.

1.6 Блок защиты агрегата

Блок защиты агрегата (в дальнейшем - БЗА) БЗА-03-44 предназначен для защиты газоперекачивающих агрегатов от превышения предельно допустимой частоты вращения валов и предельно допустимой температуры продуктов сгорания ГТУ.

1.7 Обеспечение отказоустойчивости системы

1.7.1 Контроль работоспособности оборудования

Работоспособность контроллера блока управления устройства UCP1 подтверждается сигналом “Работа”, который передается на вход сторожевого таймера, установленного в БЭО. В случае выхода из строя контроллера UCP1 (“зависания”), сигнал “Работа” переходит в статический режим, в этой ситуации сторожевой таймер формирует команду на включение блока экстренного останова.

Контроль работоспособности блоков связи с объектом осуществляет блок управления устройства UCP1. Критерием исправности блока связи является наличие связи с ним по каналу PROFIBUS-DP и отсутствие сообщений об ошибках, в принятых от него, диагностических сообщениях. Сообщения об отказах передаются оператору, который принимает решение о возможности продолжения работы или останове ГПА.

1.7.2 Диагностика целостности цепей управления и сигнализации

Контроль целостности цепи датчиков и исполнительных механизмов осуществляется следующим образом:

– контроль целостности цепи датчиков аналоговых сигналов реализован аппаратно/программно в модулях ввода аналоговых сигналов SM 331. Диагностический блок данных, описывающий состояние измерительных цепей, доступен центральному процессору, который считывает информацию либо по программе, либо по прерыванию от модуля;

– контроль целостности цепи исполнительных механизмов, управляемых модулями релейными PLC-RSC-24DC/21HC, осуществляется с помощью оптопар PLC-OSC, которые подключаются параллельно релейным модулям. Выходные сигналы оптопар (состояние бесконтактного ключевого элемента) поступают на входы модуля SM 321. Замкнутое состояние ключа на выходе схемы контроля (логическая «единица» на оптроне) соответствует отсутствию обрыва в цепи управления при разомкнутых контактах выходного реле. Разомкнутое состояние ключа на выходе схемы контроля (логический «ноль» на оптроне) соответствует обрыву цепи управления при разомкнутых контактах выходного реле, либо замкнутому состоянию контактов выходного реле. Логическая программа анализирует состояния команд управления и значения выходных сигналов схем контроля и, при их несоответствии, формирует сигналы неисправности цепей управления;

– контроль целостности входных цепей системы от датчиков дискретных сигналов осуществляется посредством модулей дискретного ввода, SM 321, DIx16, 24DC, с диагностикой, размещённых в расширителе №1. Для реализации контроля входной цепи необходима установка резисторов номиналом 12 кОм из комплекта монтажных частей параллельно контакту дискретного датчика. Модуль контролирует внутренние неисправности/ошибки, отсутствие питания и обрыв цепи датчика. Диагностический блок данных модуля, в случае появления ошибки, доступен для пользовательской программы через прерывание.

2. Структура управления объектами

Устройство и работу системы рассмотрим по структурной схеме, приведенной на рисунке 6.

Дискретные и аналоговые сигналы от датчиков поступают на входы системы. Источниками входных дискретных сигналов (ДД) являются концевые выключатели и другие сигнализаторы положения (состояния) технологического оборудования объекта, а также кнопки панели управления. Источниками входных аналоговых сигналов являются датчики температуры (Т), давления (Р), вибрации (V), уровня (L) и др. Часть сигналов поступает непосредственно на устройство управления, а часть на расширители №1 и №2.

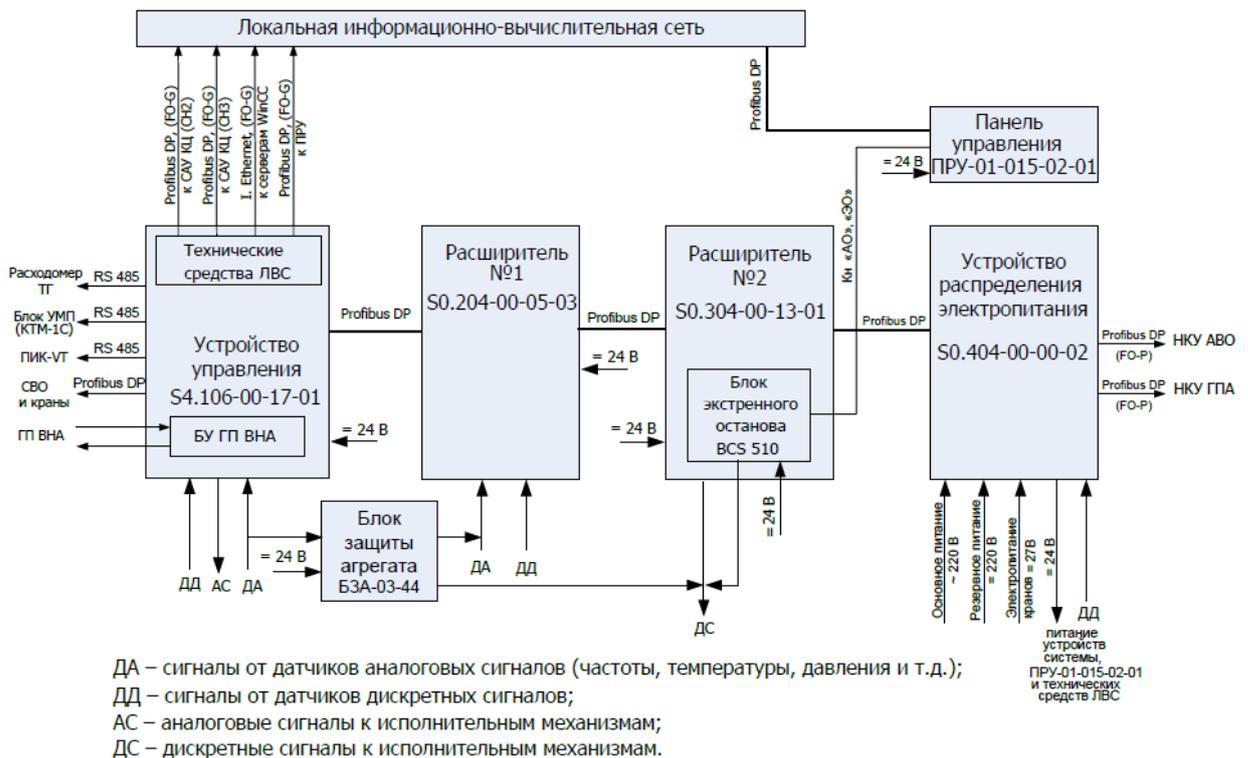


Рисунок 6 – Структурная схема системы управления

Расширители №1, №2 предназначены для гальванического разделения, приема, нормализации, предварительной обработки входных сигналов и передачи сигналов по каналу PROFIBUS DP в устройство управления.

Устройство управления обрабатывает полученную информацию от расширителей в соответствии с программой и алгоритмом управления ГПА. Результатом обработки устройством управления является сформированные массивы выходной информации:

- для управления ИМ, непосредственно и через расширители;
- для передачи в блок управления гидроприводом воздухонаправляющего аппарата (в дальнейшем - БУ ГП ВНА);
- формирование массивов информации для передачи в локальную информационно-вычислительную сеть (в дальнейшем - ЛВС), а именно:
 - для передачи на панель управления по каналу PROFIBUS DP;
 - для передачи в систему автоматического управления компрессорным цехом по каналу PROFIBUS DP;
 - для передачи данных на сервер WinCC по каналу Ethernet.

Устройство управления обеспечивает выполнение задач топливного и антипомпажного регулирования с выдачей аналоговых выходных сигналов (АС) на топливно-раздаточный клапан (в дальнейшем – ТРК) и антипомпажный клапан.

Кроме того, в устройстве управления реализована программа управления ВНА, которая выполняет функции регулирования положения ГП ВНА и передачи команд управления на БУ ГП ВНА, а также функции диагностики канала управления ВНА и канала обратной связи по положению ВНА.

Расширитель №2, получив информацию от устройства управления по каналу PROFIBUS DP, осуществляет усиление, гальваническое разделение и выдачу команд управления на ИМ ГПА. Приемниками выходных двухпозиционных сигналов управления являются пускатели исполнительных механизмов, обмотки соленоидов кранов и другое технологическое оборудование объекта.

Блок экстренного останова (в дальнейшем – БЭО) обеспечивает останов ГПА при отказе программно-аппаратных средств системы или по команде оператора при непредвиденных ситуациях на ГПА.

Устройство распределения электропитания S0.404-00-00-02 предназначено для обеспечения электропитанием всех устройств и блоков системы.

Во время работы, осуществляется контроль наличия напряжения питания: переменного и постоянного тока.

Панель управления предназначена для резервирования основных функций контроля и управления ГПА.

ПРУ является средством представления информации, содержащим сенсорный экран и индивидуальные кнопки «АО» и «ЭО» ПРУ имеет сенсорный экран, который позволяет передавать команды в устройство управления по каналу PROFIBUS.

3 Использование системы

3.1 Порядок работы с системой

Управление ГПА осуществляется при помощи рабочей станции и ПРУ.

При работе с ПРУ оператор использует индивидуальные кнопки управления – «АО» и «ЭО», а также кнопки сенсорного экрана ПРУ.

При нажатии кнопки «АО» производится аварийный останов ГПА по заданному алгоритму.

В случае полного отказа системы ГПА может быть остановлен нажатием кнопки «ЭО». После полной остановки ГПА и стравливания контура (состояние кранов – предпусковое без газа) команда «ЭО» деблокируется путем снятия питания с БЭО после чего команды «ЭО» с кранов будут сняты.

Посредством рабочей станции с загруженной системой «Аргус 5000» осуществляются контроль и управление режимом работы ГПА. При этом режим работы ГПА выводится в окно обобщенной сигнализации в «Аргус 5000».

3.2 Управление режимом работы ГПА

При работе с системой используются понятия режимов и подрежимов работы ГПА.

Режимом называется состояние ГПА, обусловленное технологическими требованиями. Например, для поднятия давления газа в магистральной трубе существует режим «Магистраль», для запуска ГПА - режимы «Автоматический пуск на «Кольцо» и «Автоматический пуск в «Магистраль» и т.д. Текущий режим ГПА отражается в окне обобщенной сигнализации «Аргус 5000».

Подрежимом называется этап формирования режима, связанный с управлением определенной технологической подсистемой ГПА.

Например, режим «Автоматический пуск на «Кольцо» последовательно использует подрежимы «Пуск системы обеспечения воздухом СГУ и МП», «МП включить», «Пуск системы наддува блока силового», «Пуск системы охлаждения ГТУ», «Пуск системы обеспечения газом системы газовых уплотнений», «Заполнение контура компрессора», «Пуск системы подачи топливного газа», «Запуск ГТУ», «Пуск системы охлаждения ГТУ».

Если какой-либо ИМ не выполняет поданной на него команды (например, не открылся кран), система, выждав контрольное время, выдает предупредительный сигнал о невыполнении команды. Если отработка этого ИМ необходима для решения технологической задачи, система останавливает выполнение подрежима и ждет, пока ИМ не перейдет в нужное состояние. Это делается либо повтором команды в дистанционном

режиме управления (ДУ) ИМ (если это предусмотрено алгоритмом управления), либо вручную. Если же невыполнение команды этим исполнительным механизмом в течение контрольного времени приводит к аварийной ситуации, система выполняет аварийный останов ГПА.

Кроме того, подрежимы задают доступный оператору набор кнопок в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000».

Режимы ГПА делятся на несколько групп:

- режимы резерва;
- проверочные режимы;
- пусковые режимы;
- рабочие режимы;
- режимы останова.

3.2.1 Режимы резерва

Режимы резерва служат для изменения степени готовности ГПА к запуску.

На остановленном ГПА возможны следующие режимы:

- Ремонт (ГПА не может быть запущен до устранения неисправности);
- Холодный резерв (ГПА будет готов к пуску при достижении необходимой температуры масла в маслобаке агрегата);
- Горячий резерв (ГПА готов к пуску).

Переходы из состояния в состояние производятся при наличии соответствующих условий нажатием кнопок в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000». Для определения возможных состояний ГПА существуют группы условий:

- отсутствие активных режимов (в данный момент ГПА не работает, не запускается, не останавливается и не работает в режиме проверки (см. ниже));
- условия холодного резерва;
- условия горячего резерва;

- газ в компрессоре.

Условие отсутствия активных режимов является необходимым для формирования любого режима на остановленном ГПА.

Условие холодного резерва является необходимым для формирования режима «Холодный резерв». Условие горячего резерва является необходимым для формирования режима «Горячий резерв». В случае невыполнения каких-либо условий горячего или холодного резерва выводится сообщение в окно «Управление» «Аргус 5000». Для перехода в режим «Холодный резерв» или «Горячий резерв» исполнительные механизмы необходимо перевести в предпусковое положение вручную.

3.2.1.1 Режим «Ремонт»

Режим «Ремонт» возникает после экстренного, аварийного останова со стравливанием (либо без стравливания) контура нагнетателя, или после нажатия кнопки «Ремонт» в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000».

При наличии условий холодного резерва возможен переход из этого режима в режим «Холодный резерв» нажатием кнопки «ХР». При наличии условий горячего резерва осуществляется переход в режим «Горячий резерв» нажатием кнопки «ГР» в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000».

3.2.1.2 Режим «Холодный резерв»

Режим «Холодный резерв» устанавливается на остановленном ГПА после нормального останова со стравливанием газа, при включении системы, или при нажатии кнопки «ХР» на режимах «Ремонт» или «Горячий резерв».

Переход из этого режима возможен в режим «Ремонт» или в режим «Горячий резерв» нажатием соответствующих кнопок в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000». Если условий горячего резерва нет, то при нажатии кнопки «ГР» взводится триггер контроля температуры масла в маслобаке двигателя. Режим «Горячий резерв» в этом случае установится автоматически при достижении необходимых условий.

3.2.1.3 Режим «Горячий резерв»

Режим «Горячий резерв» устанавливается на остановленном ГПА при наличии условий горячего резерва после нажатия кнопки «ГР» в окне «Реж. кнопки» в «Аргус 5000».

Горячий резерв может быть как с газом в нагнетателе, так и без газа. Возможен переход из этого режима в режим «Ремонт» нажатием кнопки «Ремонт» и в режим «Холодный резерв» нажатием кнопки «ХР» в окне «Реж. кнопки» в «Аргус 5000».

Только в режиме «Горячий резерв» можно выбрать пусковой режим ГПА. Для этого необходимо выбрать в окне «Реж. кнопки» соответствующий режим ГПА. При этом необходимо учитывать, что при наличии газа в контуре нагнетателя режим «Холодная прокрутка» запрещен.

Чтобы отменить выбор режима надо нажать кнопку «Отмена», а чтобы вернуться в режим «Холодный резерв» - кнопку «ХР».

3.2.2 Проверочные режимы

Проверочные режимы служат для проверки подсистем ГПА перед пуском.

Возможны следующие проверочные режимы:

- «Проверка защит»;
- «Проверка защит магнитного подвеса»;
- «Проверка защит блока силового»;
- «Комплексная проверка кранов»;
- «Холодная прокрутка»,
- «Промывка».

3.2.2.1 Режим «Проверка защит»

Проверку защит можно проводить только при отсутствии газа в контуре нагнетателя. Для запуска этого режима необходимо в режиме «Ремонт», «Холодный резерв» или «Горячий резерв» нажать кнопку «ПЗ» в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000», после чего установится режим «Проверка

защит». После завершения проверки и нажатия кнопки «Отмена» осуществляется возврат в режим, предшествовавший режиму «Проверка защит».

3.2.2.2 Режим «Проверка защит магнитного подвеса»

Для запуска режима «ПЗМП» необходимо в режиме «Горячий резерв» в окне «Реж. кнопки» выбрать кнопку «ПЗМП». Если установлен подрежим «Готов к ПЗМП», нажать там же кнопку «Пуск».

3.2.2.3 Режим «Проверка защит блока силового»

Для запуска режима «ПЗБС» необходимо в режиме «Горячий резерв», без газа в компрессоре, в окне «Реж. кнопки» выбрать кнопку «ПЗБС». Если установлен подрежим «Готов к ПЗБС», нажать там же кнопку «Пуск».

3.2.2.4 Режим «Комплексная проверка кранов»

Для запуска режима «Комплексная проверка кранов» («КПК») необходимо в режиме «Горячий резерв» выбрать в окне «Реж. кнопки» кнопку «КПК». Убедиться, что установлен подрежим «Готов к КПК». Затем нажать там же кнопку «Пуск».

3.2.2.5 Режим «Холодная прокрутка»

Режим «Холодная прокрутка» («ХП») предназначен для предпусковой проверки всех систем двигателя кроме системы зажигания. Этот режим можно проводить только при отсутствии газа в контуре компрессора. Для запуска режима «ХП» нажать кнопку «ХП» в окне «Реж. кнопки» «Аргус». Если установлен подрежим «Готов к ХП», нажать там же кнопку «Пуск».

3.2.2.6 Режим «Промывка»

Для запуска режима «Промывка» необходимо в режиме «Горячий резерв», без газа в компрессоре, в окне «Реж. кнопки» выбрать кнопку «Промывка». Если установлен подрежим «Готов к Промывке», нажать там же кнопку «Пуск».

3.2.3 Пусковые режимы

В системе предусмотрены два пусковых режима:

- «Автоматический пуск на «Кольцо» («АПК»);
- «Автоматический пуск в «Магистраль» («АПМ»).

3.2.3.1 Режим «Автоматический пуск на «Кольцо»

Режим «Автоматический пуск на «Кольцо» предназначен для выхода ГПА на рабочий режим «Кольцо». Для перехода в режим «Автоматический пуск на «Кольцо» необходимо в режиме «Горячий резерв» нажать кнопку «Кольцо» в окне «Реж. кнопки», после формирования подрежима «Готов к АПК» нажать кнопку «Пуск».

3.2.3.2 Режим Автоматический пуск в «Магистраль»

Режим «Автоматический пуск в «Магистраль» предназначен для выхода ГПА на рабочий режим «Магистраль». Для перехода в режим Автоматический пуск в «Магистраль» необходимо в режиме «Горячий резерв» нажать кнопку «Магистраль» в окне «Реж. кнопки», после формирования подрежима «Готов к АПМ» нажать кнопку «Пуск».

3.2.4 Режимы работы

В системе предусмотрены следующие режимы:

- «Кольцо»;
- «Магистраль»;
- «Переход «Кольцо - Магистраль»;
- «Переход «Магистраль - Кольцо».

3.2.4.1 Режим «Переход «Магистраль - Кольцо»

Переход ГПА в режим «Кольцо» из режима «Магистраль» осуществляется по нажатию кнопки «М-К» в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000». При этом если отключено дистанционное управление краном бр (антипомпажный клапан – АПК), осуществляется автоматический переход из режима «Магистраль» в режим «Кольцо».

3.2.4.2 Режим «Переход «Кольцо - Магистраль»»

Переход ГПА в режим «Магистраль» из режима «Кольцо» осуществляется по нажатию кнопки «К-М» в окне «Реж. кнопки» «Аргус 5000». При этом если отключено дистанционное управление краном бр (антипомпажный клапан – АПК), осуществляется автоматический переход из режима «Кольцо» в режим «Магистраль».

3.2.5 Режимы останова

3.2.5.1 Режим «Нормальный останов без стравливания газа»

Режим «Нормальный останов без стравливания» устанавливается при нажатии в окне «Реж. кнопки» в «Аргус 5000» кнопки «НОбс», если ГПА находится на одном из режимов работы или в подрежиме «Переход К-М» при выполнении автоматического пуска в режим «Магистраль» (режим «АПМ»).

После окончания режима «НОбс» осуществляется переход в режим «Горячий резерв» с газом в нагнетателе при выполнении условий горячего резерва.

3.2.5.2 Режим «Нормальный останов со стравливанием газа»

Режим «Нормальный останов со стравливанием» устанавливается при нажатии в окне «Реж. кнопки» в «Аргус 5000» кнопки «НОсс», если ГПА находится на одном из режимов работы или в подрежиме «Переход К-М» при выполнении автоматического пуска в режим «Магистраль» (режим «АПМ»).

После окончания режима «НОсс» осуществляется переход в режим «Горячий резерв» без газа в нагнетателе при выполнении условий горячего резерва.

После окончания режима «НОсс» осуществляется переход в режим «Горячий резерв» без газа в нагнетателе при выполнении условий горячего резерва.

3.2.5.3 Режим «Аварийный останов без стравливания газа»

Режим «Аварийный останов без стравливания газа» устанавливается по аварийным сигналам, вызывающим аварийный останов без стравливания газа. Кроме того, переход на режим «АОбс» может быть осуществлен при срабатывании защиты «ВОбс» на одном из режимов «КПК», «АПК» или

«АПМ» (при отсутствии подрежима «Переход К-М»). После завершения «АОбс» и нажатии кнопки «Деблокировка» в окне «Реж. кнопки» в «Аргус 5000» устанавливается режим «Ремонт».

3.2.5.4 Режим «Аварийный останов со стравливанием газа»

Переход газоперекачивающего агрегата в режим «Аварийный останов со стравливанием газа» (АОсс) осуществляется при наличии газа в контуре нагнетателя и работе ГПА в одном из активных режимов при появлении одного из сигналов, приводящих к АОсс. Кроме того, переход в режим АОсс осуществляется при появлении аварийного сообщения «Переход в АОсс по техн. условиям».

3.2.5.5 Режим «Вынужденный останов без стравливания газа»

Режим «Вынужденный останов без стравливания газа» устанавливается при появлении одного из сигналов, приводящего к вынужденному останову без стравливания газа, если ГПА находится на одном из режимов работы.

После окончания режима «ВОбс» осуществляется переход в режим «Ремонт».

3.2.5.6 Режим «Вынужденный останов со стравливанием газа»

Режим «Вынужденный останов со стравливанием» устанавливается при появлении одного из сигналов, приводящего к вынужденному останову со стравливанием, если ГПА находится на одном из режимов работы. После окончания режима «ВОсс» осуществляется переход в режим «Ремонт».

3.2.5.7 Экстренный останов

В случае возникновения аварийных ситуаций, требующих немедленной реакции в виде экстренного останова ГПА, а также в случае полного выхода из строя системы, ГПА может быть остановлен с помощью блока экстренного останова, запускаемого кнопкой «ЭО», установленной на ПРУ. Срабатывание блока экстренного останова приводит к закрытию входных кранов, клапана СК, открытию сбросных кранов, клапана «Газ-газ», отключению МП, снятию питания с выходных модулей, выдачи сигнала ЭО в НКУ.

4. Базы данных

В диссертации одной из ключевых разработок является проектирование базы данных и интеграция в единую систему управления. В настоящей работе рассматривается реляционная модель базы данных.

Во второй главе работы проведено проектирование разрабатываемой базы данных на инфологическом уровне, при этом выделены сущности и построена инфологическая модель предметной области. Нормализована спроектированная модель и построена схема базы данных.

4.1 Реляционная модель базы данных

Идея реляционной модели состоит в единообразном представлении сущности и связи. Реляционная модель данных обладает унифицированным языком для определения данных, навигации по данным и манипулирования данными. Работы в этом направлении породили язык, названный SQL, принятый в качестве стандарта.

Сегодня почти все системы баз данных обеспечивают интерфейс SQL. Кроме того, во всех системах поддерживаются собственные расширения, выходящие за рамки этого стандарта. Кроме повышения продуктивности и простоты использования реляционная модель обладает некоторыми неожиданными преимуществами. Она оказалась хорошо пригодной к использованию в архитектуре «клиент – сервер», параллельной обработке и графических пользовательских интерфейсах. Приложение «клиент – сервер» разбивается на две части.

Клиентская часть отвечает за поддержку ввода и представление выходных данных для пользователя или клиентского устройства. Сервер отвечает за хранение базы данных, обработку клиентских запросов к базе данных, возврат клиенту общего ответа. Реляционный интерфейс особенно удобен для использования в архитектуре «клиент – сервер», поскольку приводит к обмену высокоуровневыми запросами и ответами.

Высокоуровневый интерфейс SQL минимизирует коммуникации между клиентом и сервером. Сегодня многие клиент – серверные средства строятся на основе протокола Open Database Connectivity (ODBC), который обеспечивает для клиента стандартный механизм запросов высокого уровня к серверу. Архитектура «клиент – сервер» продолжает развиваться. Как разъясняется в следующем разделе, имеется возрастающая тенденция интеграции процедур в серверах баз данных. В частности, такие процедурные языки, как BASIC и Java, были добавлены к серверам, чтобы клиенты могли вызывать прикладные процедуры, выполняемые на них.

Параллельная обработка баз данных была вторым неожиданным преимуществом реляционной модели. Отношения являются однородными множествами записей. Реляционная модель включает набор операций, замкнутых по композиции: каждая операция получает отношения на входе и производит отношение как результат. Поэтому реляционные операции естественным образом предоставляют возможности конвейерного параллелизма путем направления вывода одной операции на вход следующей.

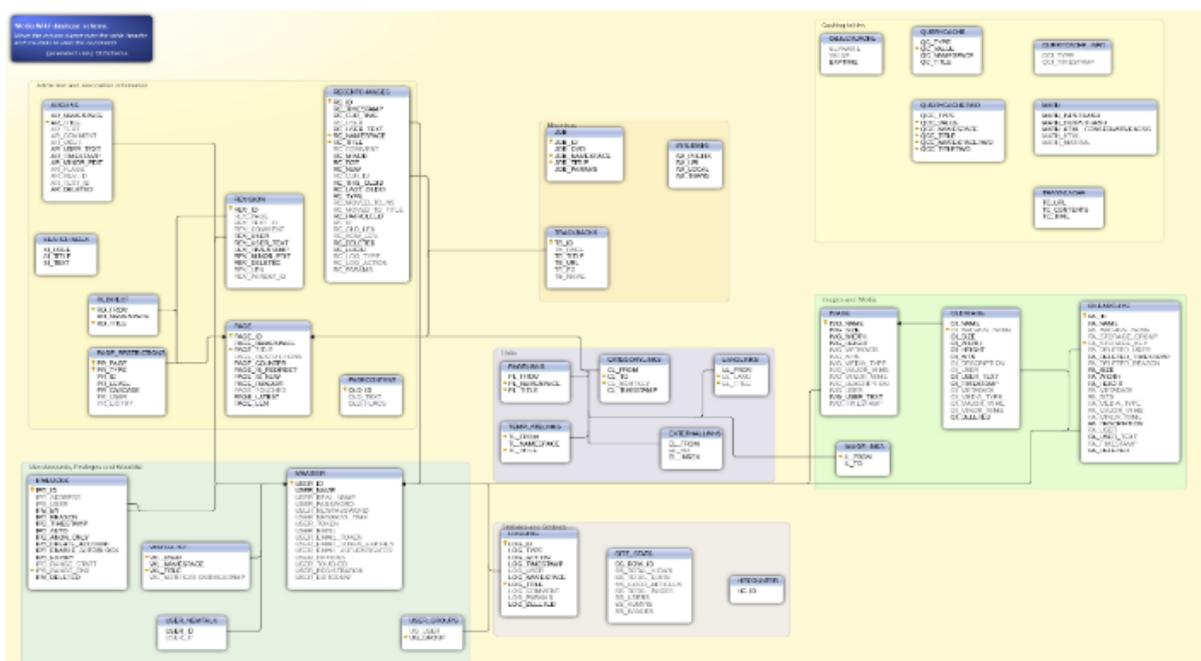


Рисунок 7 – Реляционная БД

Реляционные данные также хорошо приспособлены к графическим пользовательским интерфейсам (GUI). Пользователи легко могут создавать отношения в виде электронных таблиц и визуально манипулировать ими. Между тем файловые системы и системы, ориентированные на наборы, оставались «рабочими лошадками» многих корпораций. С годами эти корпорации построили громадные приложения и не могли легко перейти к использованию реляционных систем. Реляционные системы скорее стали ключевым средством для новых клиент-серверных приложений.

Проектирование БД – одна из наиболее сложных и ответственных задач, связанных с созданием информационной системы (ИС). В результате её решения должны быть определены содержание БД, эффективный для всех её будущих пользователей способ организации данных и инструментальные средства управления данными.

Основная цель процесса проектирования БД состоит в получении такого проекта, который удовлетворяет следующим требованиям:

1. Корректность схемы БД, т.е. база должна быть гомоморфным образом моделируемой предметной области, где каждому объекту предметной области соответствуют данные в памяти ЭВМ, а каждому процессу – адекватные процедуры обработки данных.
2. Обеспечение ограничений (на объёмы внешней и оперативной памяти и другие ресурсы вычислительной системы).
3. Эффективность функционирования (соблюдение ограничений на время реакции системы на запрос и обновление данных).
4. Защита данных (от аппаратных и программных сбоев и несанкционированного доступа).
5. Простота и удобство эксплуатации.
6. Гибкость, т.е. возможность развития и адаптации к изменениям предметной области и/или требований пользователей.

Процесс проектирования включает в себя следующие этапы:

1. Инфологическое проектирование;
2. Определение требований к операционной обстановке, в которой будет функционировать информационная система;
3. Выбор системы управления базой данных (СУБД) и других инструментальных программных средств;
4. Логическое проектирование БД;
5. Физическое проектирование БД.

Стандартным языком наиболее распространенных в настоящее время реляционных СУБД является язык SQL (Structured Query Language).

Прежде всего, язык SQL сочетает средства SDL и DML, т.е. позволяет определять схему реляционной БД и манипулировать данными. При этом именование объектов БД (для реляционной БД - именование таблиц и их столбцов) поддерживается на языковом уровне в том смысле, что компилятор языка SQL производит преобразование имен объектов в их внутренние идентификаторы на основании специально поддерживаемых служебных таблиц-каталогов. Внутренняя часть СУБД (ядро) вообще не работает с именами таблиц и их столбцов.

Язык SQL содержит специальные средства определения ограничений целостности БД. Опять же, ограничения целостности хранятся в специальных таблицах-каталогах, и обеспечение контроля целостности БД производится на языковом уровне, т.е. при компиляции операторов модификации БД компилятор SQL на основании имеющихся в БД ограничений целостности генерирует соответствующий программный код.

Специальные операторы языка SQL позволяют определять так называемые представления БД, фактически являющиеся хранимыми в БД запросами (результатом любого запроса к реляционной БД является таблица с именованными столбцами. Для пользователя представление является такой же таблицей, как любая базовая таблица, хранимая в БД, но с помощью

представлений можно ограничить или наоборот расширить видимость БД для конкретного пользователя. Поддержание представлений производится также на языковом уровне.

Наконец, авторизация доступа к объектам БД производится также на основе специального набора операторов SQL. Идея состоит в том, что для выполнения операторов SQL разного вида пользователь должен обладать различными полномочиями. Пользователь, создавший таблицу БД, обладает полным набором полномочий для работы с этой таблицей. В число этих полномочий входит полномочие на передачу всех или части полномочий другим пользователям, включая полномочие на передачу полномочий. Полномочия пользователей описываются в специальных таблицах-каталогах, контроль полномочий поддерживается на языковом уровне.

SQL Server – это комплексная платформа баз данных, обеспечивающая управление данными в масштабе предприятия и оснащенная интегрированными средствами бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI). Ядро СУБД SQL Server обеспечивает безопасное и надежное хранение данных в реляционном формате, в формате XML а так же объектов среды CLR Microsoft .NET Framework. Благодаря поддержке широкого набора форматов, SQL Server обеспечивает гибкость, необходимую для создания современных комплексных решений. Эта платформа также предоставляет возможность создания и управления высокопроизводительными приложениями баз данных с высоким уровнем доступности.

4.2 Требования к разрабатываемой базе данных

Разрабатываемая база данных должна полностью удовлетворять потребности всех её пользователей. Рассмотрим, какие группы пользователей могут работать с базой данных, и какие задачи они должны выполнять.

С данной базой данных могут работать следующие группы пользователей:

- Начальник цеха – руководящая должность на уровне цеха;

- Инженера АСУ ТП – сотрудник цеха ИТР;
- Оператор АРМ и КИПиА – сотрудник цеха обслуживающий персонал;

При работе с базой данных начальник цеха может выполнять следующие задачи:

- составлять расписание;
- выводить любую информацию о сотрудниках и его КРІ;
- выводить информацию о состоянии оборудования;
- выводить информацию о событиях и авариях;
- выводить информацию о загрузке оборудования;

Инженер АСУ ТП может:

- просматривать журнал событий;
- просматривать расписание;
- просматривать данные технологического процесса;

При работе с базой данных оператор может:

- просматривать расписание;
- просматривать состояние технологического оборудования;
- вводить необходимые данные по осмотру.

4.3 Разработка инфологической модели

Целью инфологического проектирования является создание структурированной информационной модели предметной области, для которой будет разрабатываться база данных. Инфологическое проектирование прежде всего связано с попыткой представления семантики предметной области в модели БД. Реляционная модель данных в силу своей простоты и лаконичности не позволяет отобразить семантику, то есть смысл предметной области. Ранние теоретико-графовые модели в большей степени отображали семантику предметной области. Они в явном виде определяли иерархические связи между объектами предметной области. При

проектировании на инфологическом уровне создается информационно-логическая модель, которая должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечение наиболее естественных для человека способов сбора и предоставления той информации, которую предполагается хранить в создаваемой базе данных;
- корректность схемы БД (адекватное отображение моделированной ПО);
- простота и удобство использования на следующих этапах проектирования, то есть информационно-логическая модель может легко отображаться на модели базы данных;
- информационно-логическая модель должна быть описана языком, понятным проектировщикам баз данных, программистам, администратору и будущим пользователям.

Суть инфологического моделирования состоит в выделении сущностей (информационных объектов предметной области), которые подлежат хранению в базе данных, а также в определении характеристик объектов и взаимосвязей между ними.

Концептуально газоперекачивающий агрегат (ГПА) состоит из: воздушного компрессора, камеры сгорания, газовой турбины, силовой турбины, приводящей в движение компрессор для перекачки природного газа.

Для базы данных «Газоперекачивающий агрегат» на основе проведенного системного анализа предметной области выделены следующие сущности:

- Воздушный компрессор – сущность содержит информацию о мощности, энергоэффективности;
- Камера сгорания – сущность содержит информацию о технологических параметрах топливозадающего устройства, регистра первичного воздуха, плазменной трубе, смесители, корпусе;

- Газовая турбина – сущность содержит техническую информацию о УИД, факторе, мощности;
- Силовая турбина – сущность содержит информацию о УИД, факторе, мощности;
- Газомоторный компрессор – сущность содержит информацию о УИД, корпусе, маркировке, мощности;
- Компрессорный цех – сущность содержит информацию о корпусе, мощности, энергоэффективности;

Исходя из приведенных выше сущностей, построена инфологическая модель предметной области, которая представлена на рисунке 8.

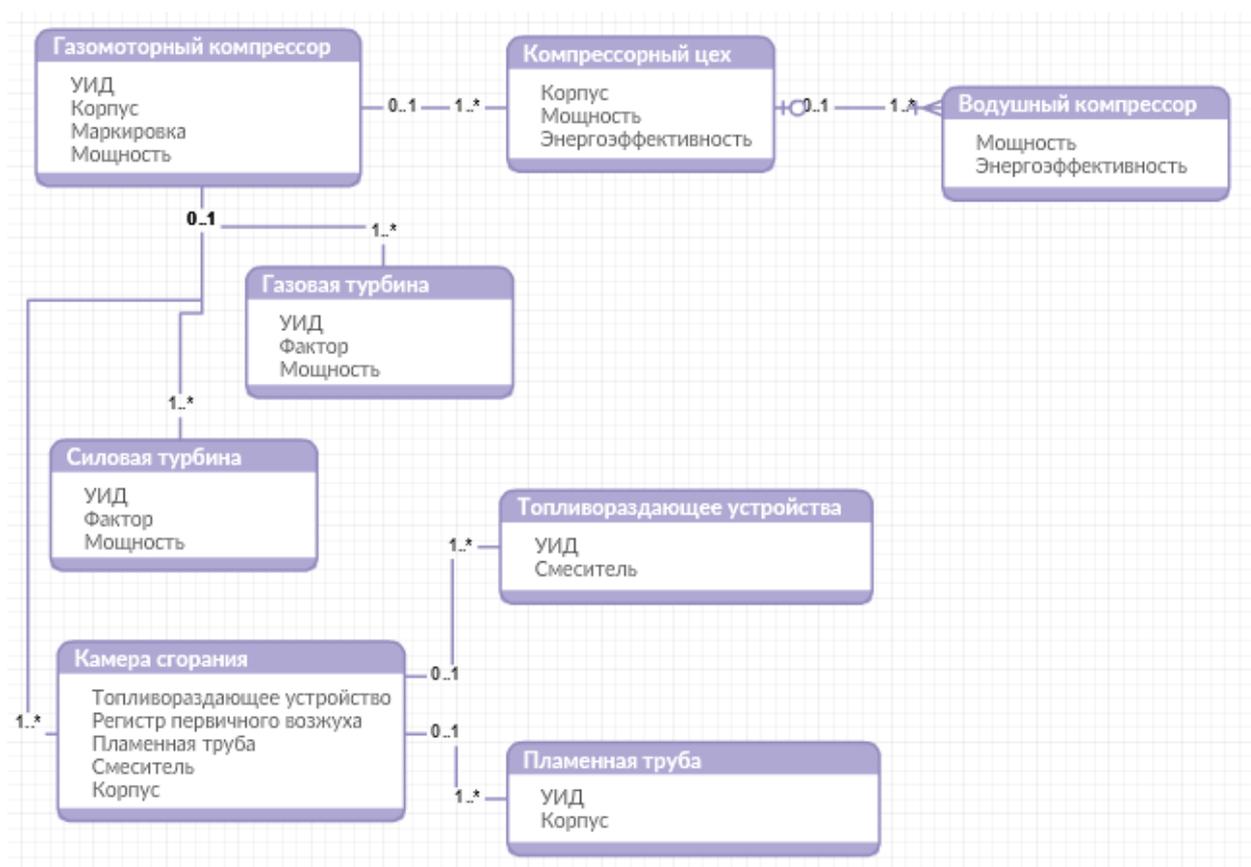


Рисунок 8 - Инфологическая модель предметной области

Инфологическая модель предметной области не выставляет требований к достоверности информации. Собственно, достоверность информации не подвергается сомнениям. Другое дело, что требования к достоверности

информации формулируются в соответствии с технической и методической базой их получения.

Традиционная методическая база весьма разнородна. Это положение исторически сложилось за время существования газотранспортных предприятий. Система оценки характеристик нагнетателей ведется на основании справочников, графиков на бумажных носителях и заводских характеристик.

Получается, что в разных подразделениях измерения тракуются и обрабатываются по-разному. После такой процедуры сведения передаются в центр, для их обобщения и проверки. В центре процесс расчета показателей энергоэффективности повторяется. Как правило, после настройки и согласований результаты расчетов совпадают.

В условиях децентрализованного сбора и обработки исходной информации изложенный выше подход работает и удовлетворяет требованиям практики, следовательно, можно построить еще одну часть инфологической модели, отвечающую за показатели энергоэффективности.

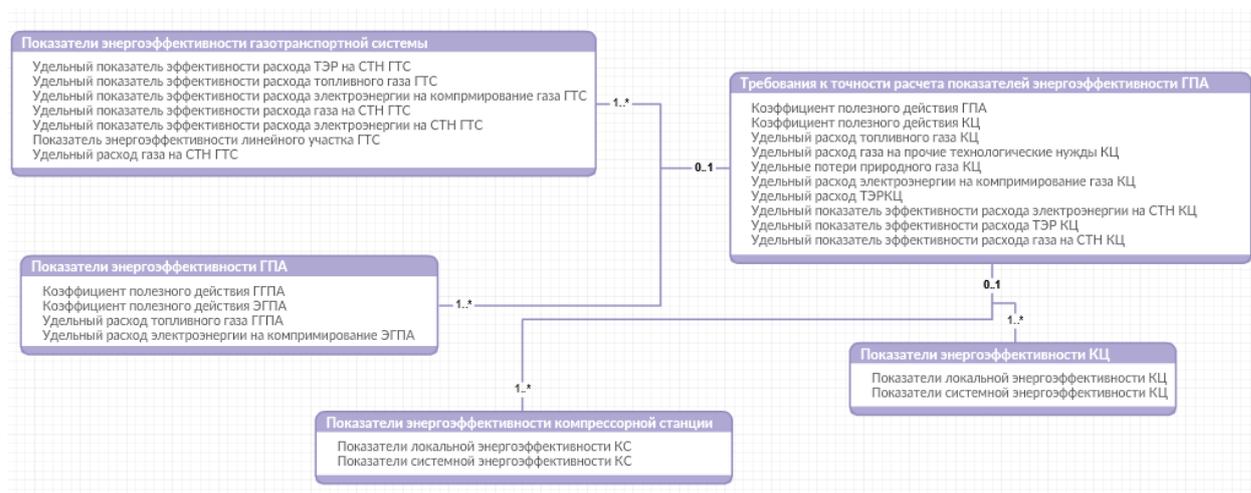


Рисунок 9 - Инфологическая модель предметной области, показатели энергоэффективности

4.4 Логическое проектирование

Для логического проектирования выбрана реляционная модель данных, т.к. она наиболее полно соответствует требованиям, предъявленным к разрабатываемой информационной системе:

- отсутствие дублируемой информации;
- поддержание целостности данных при вставке, удалении или изменении записей;
- возможность организации всех видов связи между отношениями 1:1, 1:N и M:N.

В реляционной базе данных даталогическое проектирование приводит к разработке корректной схемы базы данных, т.е. такой схемы, в которой отсутствуют нежелательные зависимости между атрибутами. При этом можно использовать процесс проектирования с помощью декомпозиции, т.е. последовательно нормализовать схему отношений, тем самым накладывая ограничения и избавляясь от нежелательных зависимостей между атрибутами.

Чтобы перейти к реляционной модели и построить даталогическую модель информационной системы, каждой сущности из инфологической модели данных поставим в соответствие отношение реляционной модели. В таком случае, каждый атрибут сущности становится атрибутом соответствующего ему отношения. Также укажем каждому атрибуту тип данных и признак обязательности. Обозначим первичные и внешние ключи. После всего проведем нормализацию получившейся модели данных.

Приведем список атрибутов для каждого отношения в схеме базы данных:

Состав показателей энергоэффективности газоперекачивающего агрегата.

Для оценки эффективности расходования топлива энергетических ресурсов газоперекачивающего агрегата (ТЭР ГПА) используют показатели энергоэффективности, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели энергоэффективности газоперекачивающего агрегата

Показатель	Единица измерения	Обозначение	Показатель энергоэффективности ГПА
КПД газотурбинного ГПА	—	$h_{\text{ГПА}}$	Относительный
КПД электроприводного ГПА	—	$h_{\text{ЭГПА}}$	Относительный
Расход топливного газа газотурбинного ГПА	кг у.т./кВт×ч	$E_{\text{ТГ}}^{\text{ГПА}}$	Удельный
Расход электроэнергии на компримирование электроприводного ГПА	кВт×ч	$E_{\text{ЭК}}^{\text{ЭГПА}}$	Удельный

Состав показателей энергоэффективности компрессорного цеха

Для оценки эффективности расходования топлива экономического ресурса компрессорного цеха (ТЭР КЦ) используют локальные и системные показатели энергоэффективности, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели энергоэффективности компрессорного цеха

Удельный показатель	Е.И.	Обозначение	Характеристика
1. Показатели локальной энергоэффективности компрессорной станции			
1.1 КПД КЦ	-	$h_{\text{КЦ}}$	Относительный показатель
1.2 Расхода топливного газа КЦ	кг у.т./кВт×ч	$E_{\text{ТГ}}^{\text{КЦ}}$	На единицу политропной работы сжатия КЦ
1.3 Расхода газа на прочие технологические нужды КЦ	м ³ /кВт×ч	$E_{\text{ПТН}}^{\text{КЦ}}$	На единицу политропной работы сжатия КЦ
1.4 Потери газа КЦ	м ³ /кВт×ч	$E_{\text{ТГ}}^{\text{КЦ}}$	На единицу политропной работы сжатия КЦ
1.5 Расхода электроэнергии на компримирование газа КЦ	кВт×ч	$E_{\text{ЭК}}^{\text{КЦ}}$	На единицу политропной работы сжатия КЦ
1.6 Расхода ТЭР КЦ	кг у.т./кВт×ч	$E_{\text{ТЭР}}^{\text{КЦ}}$	На единицу политропной работы сжатия КЦ

2. Показатели системной энергоэффективности компрессорной станции			
2.1 Эффективности расхода газа на собственные технологические нужды КЦ	$\text{м}^3/\text{млн}$ $\text{м}^3 \times \text{км}$	$E_{\text{ТСТНг}}^{\text{КЦ}}$	На единицу ЭТТР КЦ
2.2 Эффективности расхода электроэнергии на собственные технологические нужды КЦ	$\text{кВт} \times \text{ч}/\text{млн}$ $\text{м}^3 \times \text{км}$	$E_{\text{ТСТНээ}}^{\text{КЦ}}$	На единицу ЭТТР КЦ
2.3 Эффективности расхода ТЭР на собственные технологические нужды КЦ	кг $\text{у.т.}/\text{млн} \text{м}^3 \times \text{км}$	$E_{\text{ТЭР}}^{\text{КЦ}}$	На единицу ЭТТР КЦ

Состав показателей энергоэффективности компрессорной станции

Для оценки эффективности потребления топлива энергетических ресурсов (ТЭР) на собственные технологические нужды компрессорной станции (СТН КС) используются показатели локальной и системной энергоэффективности, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели энергоэффективности компрессорной станции

Удельный показатель	Единица измерения	Обозначение	Примечание
Показатель локальной энергоэффективности компрессорной станции			
Расхода ТЭР КС	кг $\text{у.т.}/\text{кВт} \times \text{ч}$	$E_{\text{ТЭР}}^{\text{КЦ}}$	На единицу суммарной политропной работы сжатия КС
Показатель системной энергоэффективности компрессорной станции			
Эффективности расхода ТЭР КС	$\text{кг у.т.}/\text{млн}$ $\text{м}^3 \times \text{км}$	$E_{\text{ТЭР}}^{\text{КС}}$	На единицу ЭТТР КС

Состав показателей энергоэффективности газотранспортной системы

Для оценки эффективности расхода топлива энергетических ресурсов газотранспортной системы (ТЭР ГТС) используют показатели энергоэффективности, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Удельный показатель энергоэффективности расхода ГТС	Единица измерения	Обозначение	Примечание
1 ТЭР на собственные технологические нужды	кг у.т./млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{ТЭР}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ЭТТР ГТС
2 Топливного газа	м ³ /млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{ТГ}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ЭТТР ГТС
3 Электроэнергии на компримирование газа	кВт×ч/млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{ЭК}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ЭТТР ГТС
4 Газа на собственные технологические нужды	м ³ /млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{СТНТ}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ЭТТР ГТС
5 Электроэнергии на собственные технологические нужды	кВт×ч/млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{СТНэ}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ЭТТР ГТС
6 Линейного участка	кг у.т./км	$\mathcal{E}_{\text{лу}}$	На единицу длины ЛУ
7 Расхода газа на СТН	м ³ /млн м ³ ×км	$\mathcal{E}_{\text{СТНТ}}^{\text{ГТС}}$	На единицу ТТР ГТС

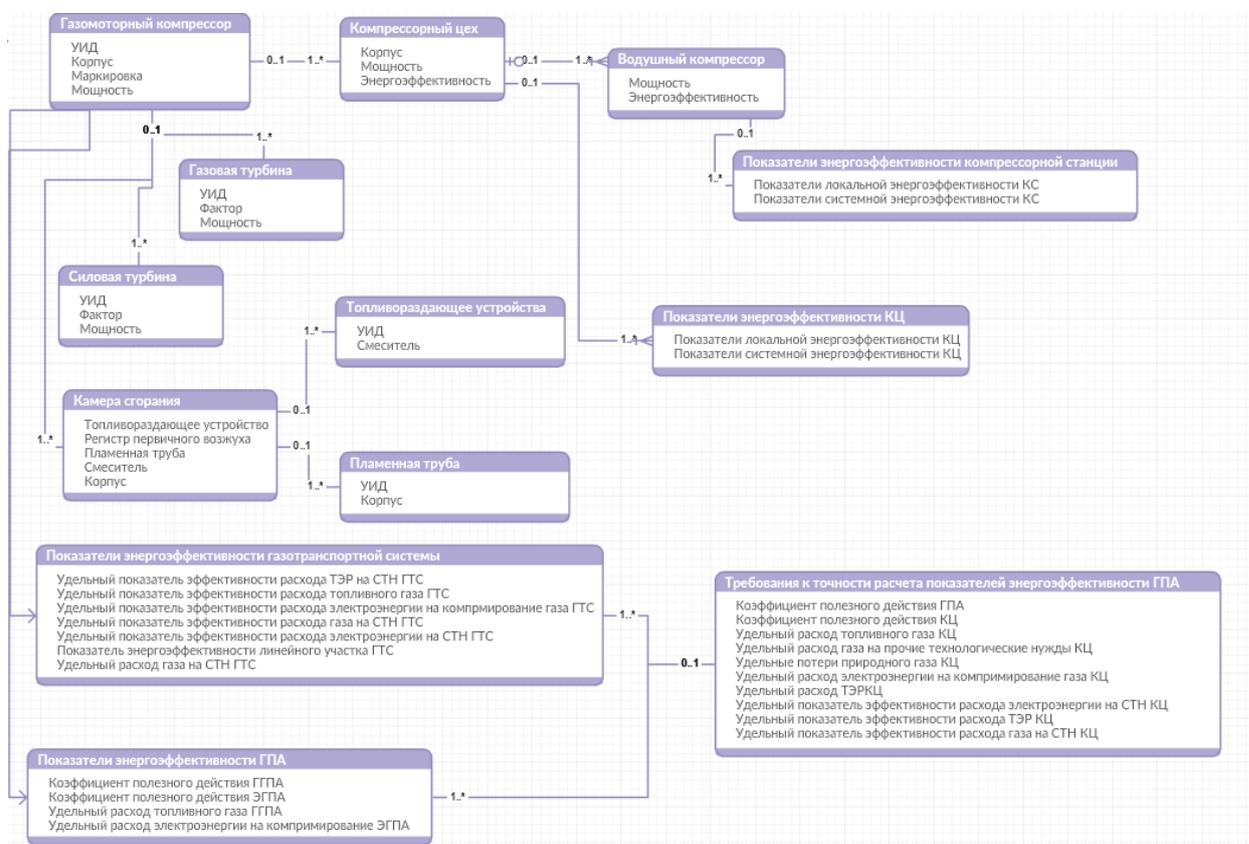


Рисунок 10 – Схема базы данных до нормализации

4.5 Нормализация схемы базы данных

Нормальная форма — свойство отношения в реляционной модели данных, характеризующее его с точки зрения избыточности, которая потенциально может привести к логически ошибочным результатам выборки или изменения данных. Нормальная форма определяется как совокупность требований, которым должно удовлетворять отношение.

Нормализация – это процесс преобразования базы данных к виду, отвечающему нормальным формам. Нормализация предназначена для приведения структуры базы данных к виду, обеспечивающему минимальную избыточность, то есть нормализация не имеет целью уменьшение или увеличение производительности работы или же уменьшение, или увеличение объёма БД. Конечной целью нормализации является уменьшение потенциальной противоречивости хранимой в БД информации.

Устранение избыточности производится, как правило, за счёт декомпозиции отношений таким образом, чтобы в каждом отношении хранились только первичные факты (то есть факты, не выводимые из других хранимых фактов).

Таблица находится в первой нормальной форме, если каждый её атрибут атомарен, то есть может содержать только одно значение. Таким образом, не существует 1NF таблицы, в полях которых могут храниться списки значений. Для приведения таблицы к 1NF обычно требуется разбить таблицу на несколько отдельных таблиц.

Отношение находится во второй нормальной форме (2NF), если она находится в первой нормальной форме, и при этом любой её атрибут, не входящий в состав первичного ключа, функционально полно зависит от первичного ключа. Функционально полная зависимость означает, что атрибут функционально зависит от всего первичного составного ключа, но при этом не находится в функциональной зависимости от какой-либо из входящих в него атрибутов (частей). Или другими словами: в 2NF нет не ключевых атрибутов, зависящих от части составного ключа.

Для исходной схемы базы данных, полученной в предыдущем разделе и находящейся в первой нормальной форме, нормализация ко второй нормальной форме не требуется, т.к. в схеме отсутствуют отношения, имеющие составной первичный ключ. Т.е. исходная схема базы данных уже находится во второй нормальной форме.

Отношение находится в третьей нормальной форме (3NF), если она находится во второй нормальной форме 2NF и при этом любой ее не ключевой атрибут зависит только от первичного ключа (Primary key, PK). Таким образом, отношение находится в 3NF тогда и только тогда, когда оно находится во 2NF и отсутствуют транзитивные зависимости не ключевых атрибутов от ключевых.

В схеме базы данных, приведенной ко второй нормальной форме, присутствует транзитивная зависимость между атрибутами.

Таким образом, нормализацией к третьей нормальной форме в данном случае представляет собой вынесение атрибутов.

Результирующее отношение, находящееся в третьей нормальной форме, приведено на рисунке 11.

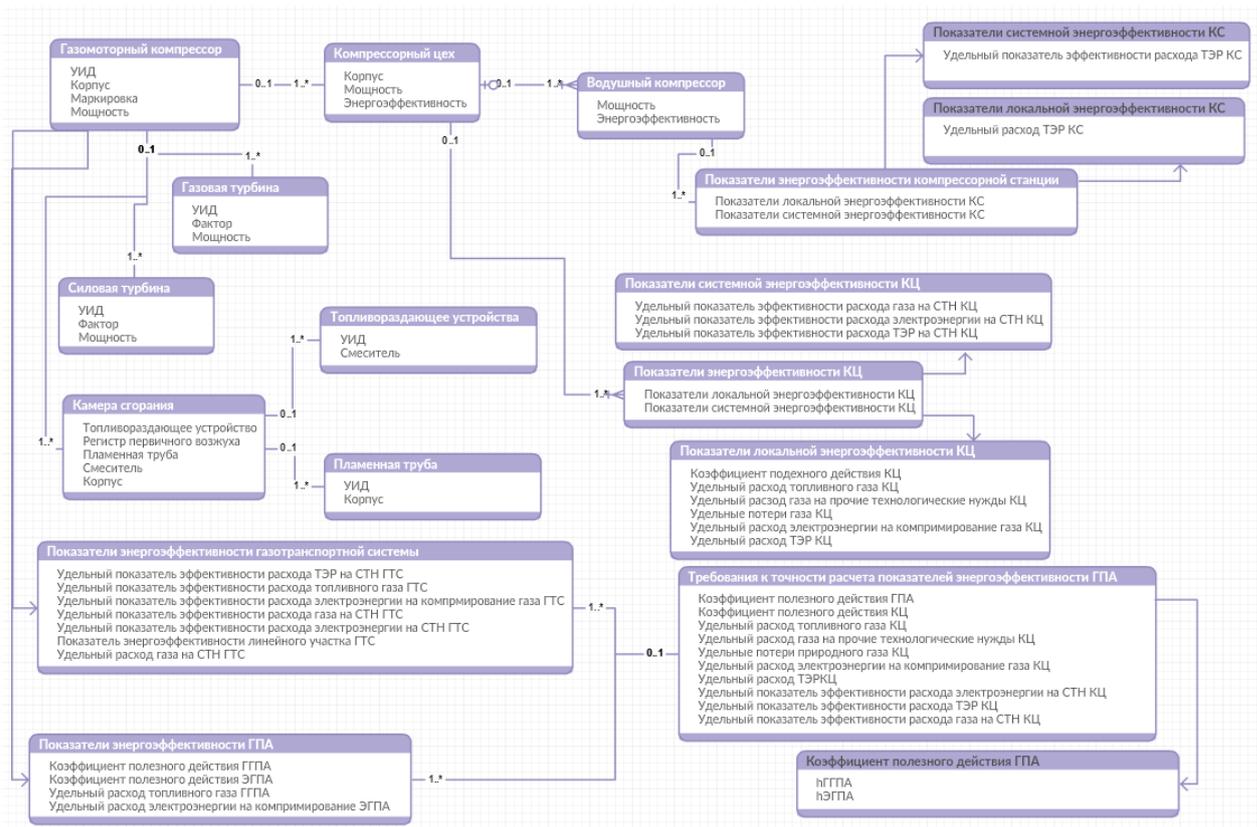


Рисунок 11 – Нормализованная база данных

4.6 Сбор и хранение данных

Одной из ключевых функций разрабатываемой системы является функция сбора и хранения данных. Все остальные подсистемы оперируют информацией, которая была собрана и сохранена подсистемой сбора и хранения данных (DCA).

Модуль DCA, в зависимости от выбранных при конфигурации опций, обеспечивает сбор и архивацию данных по всем типам активов предприятия.

Для реализации функции «Сбор и хранение данных» в системе используется программный пакет PHD.

PHD (Plant History Database) - историческая база данных предприятия, в которой сохраняются и выдаются данные, которые в реальном времени собираются с источников информации. Информация о процессах собирается с различных производственных источников, сжимается при необходимости, и сохраняется в архиве, оптимизированном для быстрого доступа к данным.

Информация о процессах, данные лабораторных измерений, вручную введенные данные, вычисляемые значения и другая информация может быть сохранена и использована для создания отчетов, анализа данных или решения каких-либо задач.

RHD – компонент, который используется для объединенного хранения данных для всех приложений системы, при этом достигается унификация таких данных и снижение объемов используемой памяти, вследствие удаления повторяющейся в разных программах информации.

Источники информации:

- исторические данные процессов (показания датчиков, данные со SCADA, ручной ввод информации);
- исторические данные событий (данные со SCADA, журналы событий, аварий);
- исторические данные действий (данные с исполнительных механизмов, контроллера, SCADA);
- Application Data (данные с личными файлами всех пользователей).

Схема работы представлена на рисунке 12:

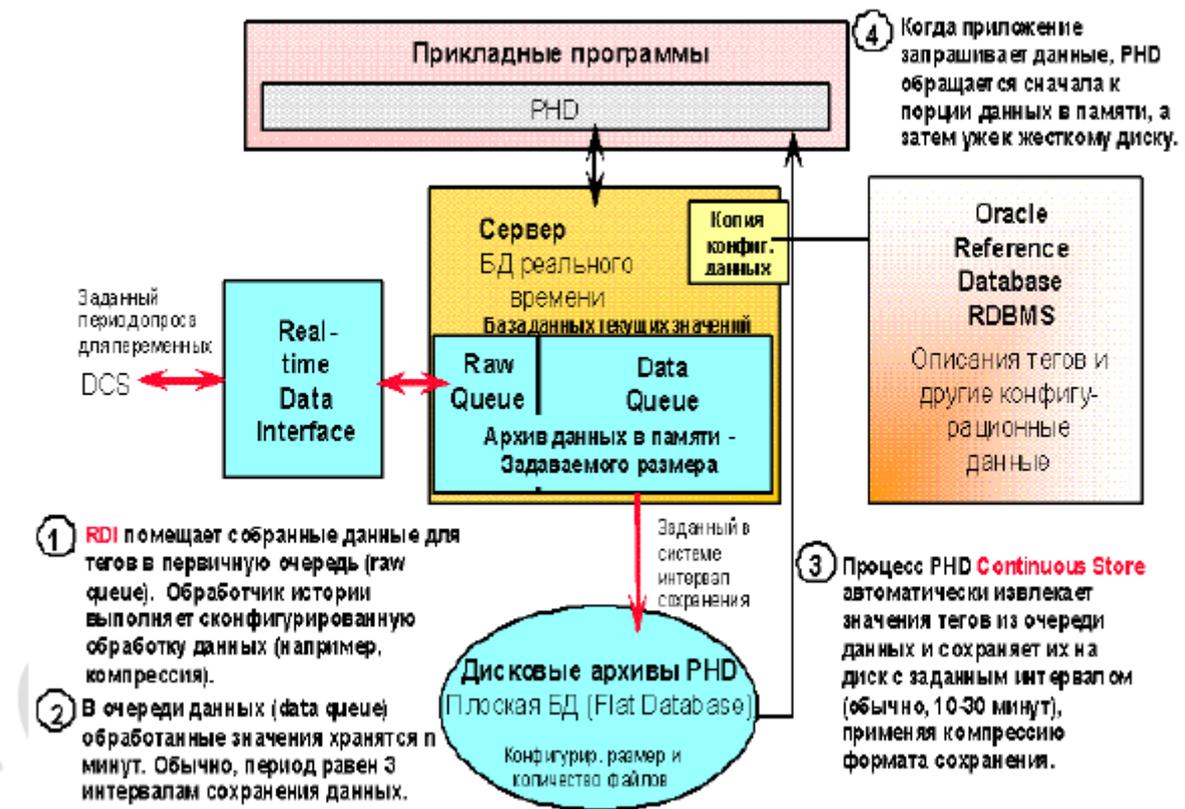


Рисунок 12 – Структура сбора и хранения данных

Получение данных из источников производится с помощью компонента Realtime Data Interface (RDI), который с заданным периодом опроса производит обмен данными с DCS (системой АСУ ТП, контрольный пункт и т.д.). Затем данные попадают в исходную очередь сервера (в базу данных реального времени). Тут производится первичная обработка данных (компрессия, выделение шумов и т.п.), после чего данные попадают в очередь данных на запись. После заполнения этой очереди производится сохранение данных в архивные файлы. PHD позволяет сконфигурировать количество и размер таких файлов.

Система, обращаясь к данным, получает описание хранимых тегов и другие конфигурационные данные, которые хранятся в реляционной базе данных Oracle. Руководствуясь этими сведениями, приложения производят сопоставление данных с объектами и материальными потоками и производят необходимую обработку данных (например, вычисление балансов).

Система поддерживает множество различных источников данных посредством применения унифицированного интерфейса к данным реального времени RDI (Real-Time Data Interface).

RDI позволяют связываться практически с любой информационной платформой. Для связи широко используются открытые стандарты OPC.

Помимо вышеперечисленных источников данных, PHD позволяет производить ввод из файловых источников данных, в том числе и доступных по протоколу FTP, то есть из удаленных источников через сеть.

Система поддерживает и ручной ввод информации. При этом действия ручного ввода могут быть произведены только теми пользователями, которым это действие разрешено после их авторизации в системе, с обязательным протоколированием операций ручного ввода.

Система базы данных PHD организует распределенный сбор и хранение информации о текущих (Real-Time) значениях контролируемых параметров, с организацией резервирования и распределением предварительной обработки информации.

Модульная структура организации интерфейса базы данных позволяет организовать прием данных в единую базу данных с многочисленных разнородных источников, например, из нескольких систем АСУ ТП различных производителей и имеющих различный протокол обмена данными.

5. DPU – диспетчеризация производства

В данном разделе разработан модуль диспетчеризации производства для нашей системы управления.

Модуль DPU, в зависимости от выбранных при конфигурации опций, обеспечивает оперативный обмен данными и управление по службам технологов, механиков, энергетиков и прибористов предприятия.

Технологи	Механики	Энергетики	Прибористы
Процессы КВ & ДВ	Процессы КВ & ДВ	Процессы КВ & ДВ	Процессы КВ & ДВ
Персонал КВ & ДВ	Персонал КВ & ДВ	Персонал КВ & ДВ	Персонал КВ & ДВ
Оборудование КВ & ДВ	Оборудование КВ & ДВ	Оборудование КВ & ДВ	Оборудование КВ & ДВ

Рисунок 14 – Диспетчеризация производства

Подсистема оперативного диспетчерского управления (DPU) предприятия позволяет проводить непрерывный мониторинг и управление производством, отслеживания выполнения операций, занятость оборудования и персонала, выполнения заказов, объемов, контроль в реальном времени выполнения работ в соответствии с планом. В режиме реального времени отслеживаются все происходящие изменения и вносятся корректировки в план цеха.

5.1 Структура подсистемы DPU

Подсистема DPU, обеспечивает мониторинг и управление:

- производством продукции – поддерживается круглосуточное управление производством продукции, в соответствие с номенклатурой и качеством;
- технологических процессов – непрерывный мониторинг и управление технологическими и другими процессами, участвующими в производстве продукции;
- состоянием оборудования - мониторинг в реальном времени за состоянием оборудования, участвующего в выпуске продукции;
- персоналом - в зависимости от задач, стоящих перед предприятием, управление персоналом, в том числе технологическим и ремонтным персоналом смен.

Для организации мониторинга и управления производственными процессами производства и другими задачами, выполняемыми подсистемой DPU, предлагается реорганизовать диспетчерскую службу предприятия введением дополнительных оперативных диспетчеров по профессиональной принадлежности. Соответственно образуются два контура мониторинга и управления производственными процессами:

- Оперативный контур;
- Административный контур.

5.2 Уровни диспетчеризации

Для предприятия выбрана двух уровневая система диспетчеризации.

1. Оперативное управление на уровне цеха и производства – начальники (мастера) смен. Основными задачами на данном уровне является контроль выполнения планов цеха, планов предприятия, оценка полученной продукции и её учёт.

2. Оперативное управление на уровне предприятия.

Каждый из диспетчеров контролирует и управляет своим сегментом оборудования и персонала в рамках сменной службы всего предприятия.

Автоматизированная система управления производством обеспечивает доступность сведениями на всех вышестоящих уровнях диспетчеризации.

6. RAS – контроль состояния активов

Назначение подсистемы RAS – диагностика состояния Активов с применением специализированного программного обеспечения, которое в режиме реального времени осуществляет мониторинг, диагностику и управление состоянием технологического, энергетического и приборного оборудования (Активов) предприятия, участвующего в процессе производства продукции. Математические модели оборудования имеют

большую библиотеку типов оборудования и обладают возможностью легкой модификации при разработке и сопровождении.

Результаты мониторинга оборудования организуются как детальные данные по каждой единице оборудования и одновременно как единый и комплексный показатель (KPI) для каждой единицы оборудования (текущий режим) и для каждой административной единицы (отделение, цех, производство, предприятие).

Программные средства, входящие в состав системы, выполняют приведенные ниже основные функции:

- Мониторинг рабочих характеристик Активов в реальном времени и своевременное оповещение о появлении симптомов отказов в порядке приоритетности.

- Диагностику технического состояния Активов, обнаружение аварийных эксплуатационных режимов и прогнозирование дальнейшего развития событий;

- Сбор и накопление опыта причин отказов и их симптомов, объединённых в систему правил.

Контроль состояния АСУТП и ее элементов организуется в режиме реального времени и охватывает:

1. Исполнительные механизмы;
2. Датчики;
3. Контур управления;
4. Контроллерное оборудование;
5. Серверное оборудование и оборудование операторских станций.

Предлагаемые решения позволяют более эффективно использовать производственное оборудование путём ранней диагностики возможных отказов с использованием автоматизированного мониторинга параметров технологического оборудования.

Программное обеспечение Equipment Management (Управление Состоянием Оборудования) – это набор специальных приложений для

технического обслуживания, ориентированного на надежность. Приложение выявляет оборудование, находящееся в критическом состоянии, на основе эксплуатационных коэффициентов (отношения средней продолжительности ремонта к средней наработке на отказ) и экономического воздействия на процесс.

Как правило, 20% заводского оборудования отвечает за 80% всех проблем технического обслуживания и является причиной ежедневного обслуживания по запросу. Программное обеспечение позволяет отрегулировать программы технического обслуживания оборудования уменьшив реагирующее обслуживание не менее чем на 20%, снизить затраты на плановое техническое обслуживание, увеличить работоспособность оборудования и постепенно перейти к обслуживанию по состоянию.

Управление Состоянием Оборудования это: контроль, анализ и корректирующие действия по трем основным категориям оборудования – динамическое оборудование, статическое оборудование и контрольно-измерительная аппаратура.

Подсистема мониторинга технического состояния активов обеспечивает мониторинг состояния оборудования с циклами опроса, указанными в подсистеме DCA и формирует следующие рапорта.

1. Параметры контроля пробега оборудования (DPI и KPI);
2. Текущий режим динамическое оборудование (DPI и KPI);
3. Текущий режим статическое оборудование (DPI и KPI);
4. Критическая эксплуатация оборудования (DPI и KPI);
5. Дефекты оборудования по текущему оперативному ремонту (в рамках подсистемы DPU);
6. Дефекты оборудования для проведения плановых ремонтов или ремонтов по состоянию (передаются в систему ERP).

Результаты мониторинга оборудования организовываются как детальные данные по каждой единице оборудования и одновременно как единый и комплексный показатель (KPI) для каждой единицы оборудования

(текущий режим) и для каждой административной единицы (отделение, цех, производство, предприятие).

7. Интеграция в единую систему

В основу создания системы положена концепция Big Data. Большие Данные, на сегодняшний момент, являются одним из ключевых драйверов развития информационных технологий. Это направление, относительно новое для российского бизнеса, получило широкое распространение в западных странах.

Для создания системы бизнес аналитики в маркетинговом предприятии необходимо определить необходимые KPI, и согласно им, уже собирать, обрабатывать и визуализировать необходимые данные.

Необходимо собирать информацию из диспетчизации, базы данных АСУ ТП и из контроля активов. Возможно подключение и других систем таких как ERP, HR и т.д

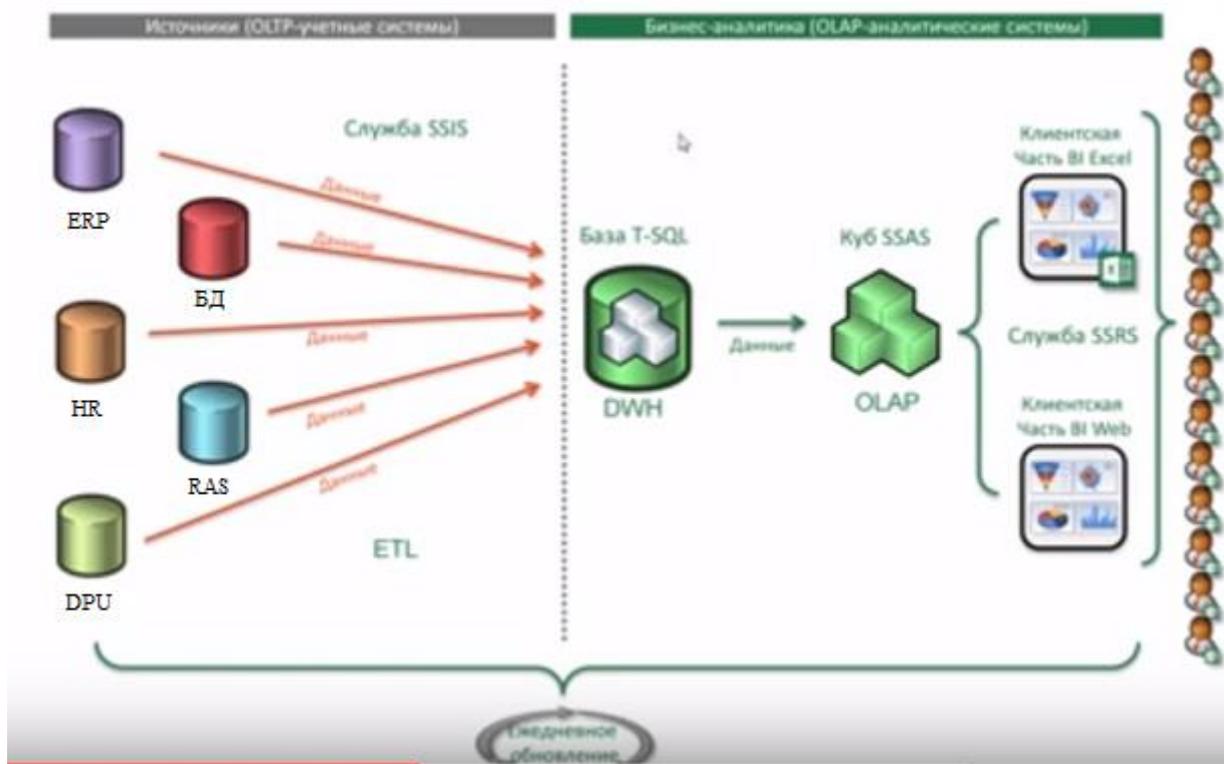


Рисунок 15 – Структура информационной системы управления при интеграции

После определения и сбора необходимых данных, необходимо все это интегрировать в единую систему. Как мы уже рассматривали архитектуру информационной системы, то она собирает данные из различных источников, далее данные поступают в единую базу данных, а при помощи IT-сервисов визуализации, обрабатываем данные и визуализируем их. Таким образом у нас есть возможность выводить ключевые показатели производства, в частности управление цехом. Связав историю работы оборудования, режимы, контроль активов и других данных, мы четко сможем выявить наилучшие режимы работы, отслеживать показатели эффективности, вовремя проводить профилактические работы и сохранять ремонтпригодность оборудования.

Тем самым мы получаем сквозную аналитику процессов производства, которая позволяет своевременно реагировать на события, влияющие на эффективность и ключевые показатели производства. Анализ и визуализация данных позволяют быстро принимать стратегические решения, причем в режиме реального времени с небольшим лагом, который связан с загрузкой данных из различных источников.

При этом возможно заложить алгоритмы, которые позволят системе прогнозировать, проводить выборку и делать анализ самостоятельно.

Система осуществляет непрерывный контроль работоспособности оборудования и технологических процессов, позволяя промышленным предприятиям прогнозировать и предотвращать простои и снижение производительности. Возможно это благодаря двум особенностям. Во-первых, система может собирать и консолидировать большие объемы данных, а затем их анализировать. Она объединяет архивные и визуальные данные, а также информацию, поступающую из распределенной системы управления (PCY) и программируемых логических контроллеров (ПЛК), интеллектуальных средств измерения и из систем мониторинга вибрации. Во-вторых, система использует шаблоны оборудования. Пользователь определяет список переменных и другие конфигурации для конкретного типа оборудования. Каждый тип оборудования достаточно сконфигурировать

только один раз, чтобы затем многократно применять при создании модели актива в иерархической структуре предприятия. На этой стадии производится ассоциация объекта с конкретными тегами, поэтому, если необходимо внести какие-либо изменения в конфигурацию, нужно просто поменять шаблон, после чего все его экземпляры будут обновлены автоматически. Кроме того, если пользователи хотят проверить расчеты, им необязательно знать имена тегов (переменных), можно только выбрать нужный актив (оборудование) и интересующие параметры для просмотра. В результате оператор получает всю информацию о состоянии оборудования, включая данные о его эксплуатационных характеристиках и механическом состоянии, а также о вспомогательных устройствах и интеллектуальных средствах измерения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ61	Глухову Ивану Юрьевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Структура работ Календарный план-график реализации проекта
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i>
2. <i>Календарный план проекта</i>
3. <i>Бюджет проекта</i>
4. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.ЭКОН.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Глухов Иван Юрьевич		

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью данной диссертационной работы является разработка и исследование интегрированной автоматизированной системы управления газоперекачивающего агрегата компрессорной станции. Данная система управления будет являться альтернативой имеющейся в настоящее время системы MATRIX.

8.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная системы управления газоперекачивающим агрегатом.

Приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании–заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – ПАО «Татнефть», «Б» – АО «Сургутнефтегаз», «В» – ПАО «Газпром».

Результаты сегментирования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Карта сегментирования

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
газодобывающие компании	ПАО «Татнефть»	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	АО «Сургутнефтегаз»	А, Б, В	А, Б	В	В
	ПАО «Газпром»	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA–систем для средних и крупных компаний.

8.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Таким образом, для анализа конкурентных технических решений стоит рассмотреть перечисленные выше системы управления и автоматизации.

Рассмотрим особенности автоматизированных систем оборудования конкурентов. На сегодняшний день внедрение и интеграция единой системы управления с применением технологий BIG-Data начало свое развитие недавно. Многие фирмы разрабатывают системы управления на различных платформах и ПО, разрабатывается собственное ПО и удобные пользовательские интерфейсы. Отличием от многих фирм является интеграция в единую системы и разработка базы данных.

Следует выделить основные критерии оценки автоматизированных систем управления.

- Повышение производительности труда;
- Удобство эксплуатации;
- Надежность системы;
- Безопасность системы;
- Скорость обработки собранной информации;
- Визуализация данных;
- Потребность в ресурсах памяти;
- Безопасность данных;
- Возможность наращивания системы;
- Интеграция с другими системами и ПО;
- Качество интеллектуального интерфейса;
- Обработка информации в режиме реального времени;

Также необходимо выделить экономические критерии оценки эффективности:

- Срок разработки;
- Стоимость разработки;
- Потребность в обслуживании;
- Потребность в дополнительном обучении персонала;
- Предполагаемый срок эксплуатации;
- Конкурентоспособность разработки;
- Финансирование разработки.

Приведем критерии оценки в сравнительную таблицу 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0,08	5	2	4	0,4	0,16	0,32
2. Удобство в эксплуатации	0,06	4	2	4	0,24	0,12	0,24
3. Надежность системы	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
4. Безопасность системы	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
5. Скорость обработки собранной информации	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
6. Визуализация данных	0,02	2	2	2	0,04	0,04	0,04
7. Потребность в ресурсах памяти	0,11	5	3	5	0,55	0,33	0,55
8. Безопасность данных	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
9. Возможность наращивания системы	0,03	1	2	1	0,03	0,06	0,03
10. Интеграция с другими системами и ПО	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2
12. Обработка информации в режиме реального времени	0,02	4	0	5	0,08	0	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Срок разработки	0,03	2	2	3	0,06	0,06	0,09
2. Потребность в дополнительном обучении персонала	0,03	1	5	3	0,03	0,15	0,09
3. Потребность в обслуживании	0,07	5	5	1	0,35	0,35	0,07

4. Стоимость разработки	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
5. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
6. Финансирование разработки	0,04	1	3	5	0,04	0,12	0,2
Итого:	1	60	48	60	3,93	2,71	3,5

На основании представленного выше анализа можно сделать вывод, что исследованная в данной диссертационной работе система управления является наиболее пригодной для эксплуатации. Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: стоимость разработки ниже, предполагаемы срок эксплуатации выше, ниже потребность в обслуживании системы.

8.1.2 FAST - анализ

FAST - анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

В таблице 7 приведены описания главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 7 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Газоперекачивающий агрегат	1	Транспортировка нефтяного газа с месторождений	X		
Система управления	1	Управление оборудованием. Сбор и визуализация данных		X	
Электропривод	5	Регулирование технологических параметров		X	
Приборы КИПиА	15	Контроль технологических параметров		X	
Система подачи ингибитора	1	Предотвращение гидратообразования			X

Далее необходимо определить значимость выполняемых функций объектом. В таблице 8 приведена матрица смежности функций. В таблице используются обозначения значимости функций: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Таблица 8 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	>	>	>	>
Функция 2	<	=	<	>	<
Функция 3	<	>	=	=	<
Функция 4	<	<	=	=	<
Функция 5	<	>	>	>	=

В таблице 9 проведено преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений. Преобразование проводится по принципу: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=».

Таблица 9 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Итого
Функция 1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	7
Функция 2	0.5	1	0.5	1.5	0.5	4
Функция 3	0.5	1.5	1	1	0.5	4.5
Функция 4	0.5	0.5	1	1	0.5	3.5
Функция 5	0.5	1.5	1.5	1.5	1	6

Проведем определение относительной значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям:

$$\text{функция 1} - 7/25=0,28;$$

$$\text{функция 2} - 4/25=0,16;$$

$$\text{функция 3} - 4,5/25=0,18;$$

$$\text{функция 4} - 3,5/25=0,14;$$

$$\text{функция 5} - 6/25=0,24.$$

Следующим этапом анализа предусмотрено определение стоимости функций, выполняемых объектом.

В таблице 10 приведен примерный расчет стоимости каждой функции:

Таблица 10 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Стоимость детали, т. руб	Себестоимость детали, т. руб.	Относительная стоимость
Газоперекачивающий агрегат	1	Транспортировка нефтяного газа с месторождений	850	1700	0,29
Система управления	1	Управление оборудованием. Сбор и визуализация данных	1200	1200	0,2
Электропривод	5	Регулирование технологических параметров	170	850	0,14
Приборы КИПиА	15	Контроль технологических параметров	42	630	0,11
Система подачи ингибитора	1	Предотвращение гидратообразования	1500	1500	0,26

Построим функционально-стоимостную диаграмму объекта и проведем ее анализ. На рисунке 16 приведена функционально-стоимостная диаграмма.

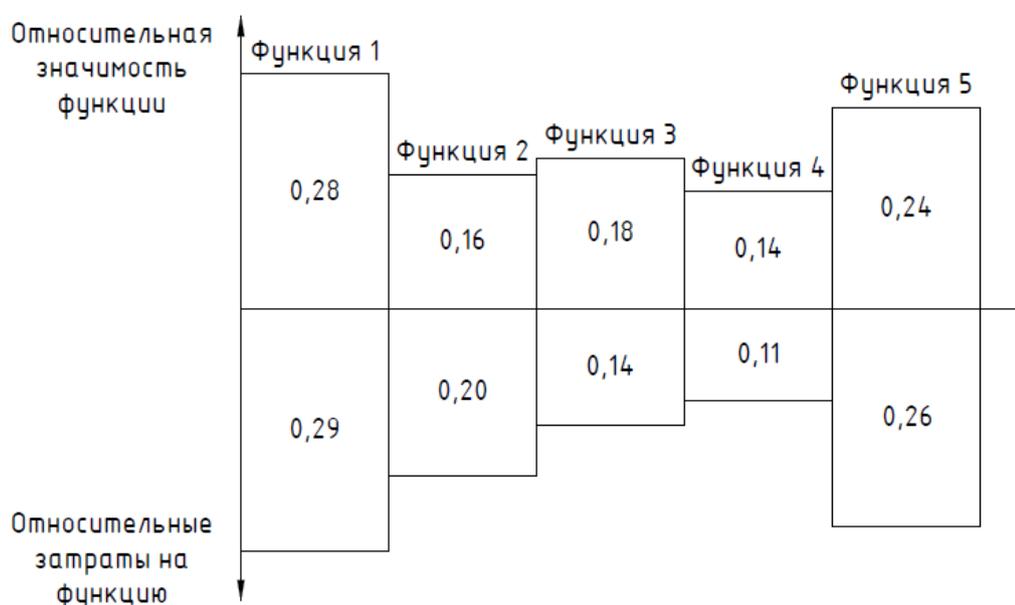


Рисунок 16 – Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма достаточно сбалансированная и нет явно выраженных рассогласований между важностью функций и затратами на них.

8.2 Планирование управления научно-техническим проектом

8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследования	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	Календарное планирование работ	Руководитель, Инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер
	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Инженер
	Разработка алгоритмов управления	Инженер
	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	Разработка базы данных	Инженер
	Разработка диспетчеризации	Инженер
	Разработка ПО	Инженер
	Проектирование интерфейсов	Инженер
	Разработка структурной схемы	Инженер
	Проектирование SCADA-системы	Инженер
Оформление отчета	Составление пояснительной записки	Инженер

8.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 12 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 12 – Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	2	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	5	3,2	1	3,2	5
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	1	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка алгоритмов управления	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка базы данных	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка диспетчеризации	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка ПО	1	3	1,8	1	1,8	3
Проектирование интерфейсов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	1	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	1	1,8	3

1 - инженер

2 - руководитель

На основе таблицы 13 построим календарный план-график (Приложение Д). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 3.4 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 13 – План-график

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												
		Февраль		Март			Апрель			Май		Июнь		
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	■												
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	■												
Изучение существующих объектов проектирования	Инженер		■											
Календарное планирование работ	Руководитель		■											
	Инженер		■											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер			■										
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер			■										
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер				■									
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель					■								
	Инженер					■								
Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель					■								
	Инженер					■								
Разработка алгоритмов управления	Инженер						■							
Составление схемы информационных потоков	Инженер							■						

8.3.1 Расчёт материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi},$$

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

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

C_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, принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию и приобретение канцелярских товаров.

Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 3.5.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 5,8 \cdot 0,5 \cdot 960 = 2784,$$

где $C_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 2784 рубля.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электричество	–	0,5 кВт·ч	5,8	2784
Бумага	SvetoCopy	110	0,90	99
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Pilot BPS-GP	1	50	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Персональный компьютер				43000
Всего за материалы				2698
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого по статье C_M				47498

8.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д},$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 15).

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни;	52	104
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
– отпуск;	48	24
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Оклад инженера составляет 20 000 руб/мес.

$$Z_m = 20000 \cdot 1,3 = 26000 \text{ руб / месяц}$$

$$Z_{\text{дн}} = (26000 \cdot 11,2) / 223 = 1305,83 \text{ руб/день.}$$

Основной заработок инженера за время разработки проекта составляет:

$$Z_{\text{осн}} = 1305,83 \cdot 41 = 53539,03 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

– оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

– стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

– иные выплаты: районный коэффициент.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник с должностью доцент. Оклад доцента составляет 33664 руб.

Также районный коэффициент по Томску равен 1,3.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_m = 33664 \cdot 1,3 = 43763,2 \text{ руб / месяц.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = (43763,2 \cdot 10,4) / 251 = 1813,3 \text{ руб / день.}$$

Основной заработок руководителя за время разработки проекта составляет:

$$Z_{\text{осн}} = 1813,3 \cdot 5 = 9066,5 \text{ руб}$$

8.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Примем коэффициент дополнительной заработной платы равным 0,15 для научного руководителя и 0,1 для инженера. Результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы исполнителей научного исследования представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата, руб.	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	9066,5	53539,03
Дополнительная зарплата	1359,98	5353,9
Зарплата исполнителя	10426,48	58892,93
Итого по статье $C_{зп}$	69319,41	

8.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 27,1% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 69319,41 = 20795,82 \text{ руб.}$$

8.3.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Накладные расходы в ТПУ составляют 20 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы.

Примем $k_{\text{накл}} = 20 \%$.

Накладные расходы составляют:

$$C_{\text{накл}} = 0,2 \cdot 69319,41 = 13863,882 \text{ руб.}$$

8.3.6 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17– Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты	47498
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	62605,53
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6713,88
4. Отчисления во внебюджетные фонды	20795,82
5. Накладные расходы	13863,882
Бюджет затрат	313421,5

8.4 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представляет собой временное структурное образование, создаваемое для достижения поставленных целей и задач проекта и включающее в себя всех участников процесса выполнения работ на каждом этапе.

Данной исследовательской работе соответствует функциональная структура организации. То есть организация рабочего процесса выстроена иерархически: у каждого участника проекта есть непосредственный руководитель, сотрудники разделены по областям специализации, каждой группой руководит компетентный специалист (функциональный руководитель).

Организационная структура научного проекта представлена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Организационная структура научного проекта

8.5 Матрица ответственности

Степень ответственности каждого члена команды за принятые полномочия регламентируется матрицей ответственности. Матрица ответственности данного проекта представлена в таблице 18.

Таблица 18– Матрица ответственности

Этапы проекта	Научный руководитель	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Соответственность»	Консультант по языковому разделу	Студент
Разработка технического задания	О				
Составление и утверждение технического задания	О				
Выбор направления исследований	О				И
Подбор и изучение материалов по теме	С				И
Календарное планирование работ	О				И
Ознакомление с видами автоматизированных систем управления					И
Ознакомление с проектом Matrix					И
Разработка системы управления оборудованием					И
Разработка базы данных и анализ полученных данных					И
Выполнение оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения		С			И
Выполнение раздела по социальной ответственности			С		И
Выполнение перевода части работы на английский язык				С	И

Обобщение и оценка результатов	С				И
Составление пояснительной записки	С				И
Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	С				И
Подготовка к защите	О				И

Степень участия в проекте характеризуется следующим образом:

- ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход;
- исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение);
- согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

8.6 Определение ресурс (ресурсосберегающей ной), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 3.12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{313421,5}{406236} = 0,77;$$

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{406236}{406236} = 1,0; I_{фина2}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{max}} = \frac{386236}{406236} = 0,92$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Безопасность системы	0,25	5	3	3
2. Скорость обработки собранной информации	0,2	5	4	3
3. Надежность системы	0,25	5	2	2
4. Интеграция с другими системами и ПО	0,15	5	4	4
5. Обработка информации в режиме реального времени	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	5	3,4	3,2

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 5;$$

$$\text{Аналог 1} = 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 3,4;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 3,2.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{фина}i}^{ai}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; I_{\text{фина}i}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{фина}i}^{ai}};$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^z} = \frac{5}{0,77} = 6,49; I_{\text{фина}1}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина}1}^{a1}} = \frac{3,4}{1,0} = 3,4; I_{\text{фина}2}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина}2}^{a2}} = \frac{3,2}{0,92} = 3,47.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	1	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5,0	3,4	3,2
3	Интегральный показатель эффективности	6,49	3,4	3,47
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,7	1,66

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ТМ61	ФИО Глухову Ивану Юрьевичу
-----------------	-------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Меры безопасности при работе обслуживающего персонала с автоматизированной системой управления</i>	Для работы с автоматизированной системой, соблюдаются определённые правила для обслуживающего персонала: 1. Персонал должен соответствовать необходимой квалификации. 2. Персонал должен пройти инструктажи и изучить правила безопасности при работе с системой.
<i>2. Обеспечение отказоустойчивости системы</i>	Система автоматически формирует и передаёт сигналы на пульт управления диспетчера, при обнаружении ошибки или не исправности в работе системы.
<i>3. Диагностика целостности цепей управления и сигнализации</i>	Модуль контролирует внутренние неисправности/ошибки, отсутствие питания и обрыв цепи датчика.
<i>4. Действия системы в аварийных ситуациях</i>	При возникновении аварийных ситуаций программа аварийной остановки реализуется автоматически, при этом исполнительные механизмы и запорная арматура устанавливаются в состояние, обеспечивающее безопасность обслуживающего персонала и исключающее повреждение оборудования.
<i>5. Обеспечение информационной безопасности</i>	Информационная безопасность предназначена для предотвращения несанкционированного доступа к системе.
<i>6. Электробезопасность и защита от искажения данных с датчиков</i>	В системе подобраны интеллектуальные датчики с самодиагностикой, в которых предусмотрен алгоритм защиты искажения данных.
<i>7. Взрывобезопасность</i>	При загазованности система, включает световое и звуковое оповещение и передаёт информацию на пульт управления.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Глухов Иван Юрьевич		

9. Социальная ответственность

Введение

В разделе рассматривается разработка автоматизированной системы управления оборудованием. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В данном разделе работы дается характеристика рабочей зоны, которая представляет собой площадку с газоперекачивающим агрегатом, непосредственно, куда проектировалась автоматизированная система управления.

9.1 Меры безопасности при подготовке системы

Обслуживающий персонал допускается к работе с системой после инструктажа по технике безопасности по общим правилам эксплуатации электрических установок и ознакомления с настоящим руководством по эксплуатации.

При работе с системой необходимо соблюдать «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП), и «Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00.

К работе и обслуживанию системы допускаются лица, имеющие допуск к работе с напряжением до 1000 В и группу не ниже II по ПТЭ и ПТБ электроустановок.

Подключение внешних цепей, разъемов, проведение монтажных работ должны проводиться только при отключенных напряжениях питания.

Категорически запрещается установка плавких вставок на ток, выше предусмотренного в конструкторской документации.

При проведении наладки и ремонтных работ допускается пользоваться паяльником на напряжение не выше 36 В.

9.2 Обеспечение отказоустойчивости системы

Работоспособность контроллера блока управления устройства UCP1 подтверждается сигналом “Работа”, который передается на вход сторожевого таймера, установленного в БЭО. В случае выхода из строя контроллера UCP1 (“зависания”), сигнал “Работа” переходит в статический режим, в этой ситуации сторожевой таймер формирует команду на включение блока экстренного останова.

Контроль работоспособности блоков связи с объектом осуществляет блок управления устройства UCP1. Критерием исправности блока связи является наличие связи с ним по каналу PROFIBUS-DP и отсутствие сообщений об ошибках, в принятых от него, диагностических сообщениях. Сообщения об отказах передаются оператору, который принимает решение о возможности продолжения работы или останове ГПА.

Если решение от оператора не поступает в течение 10 минут, система формирует команду на включение блока экстренного останова.

9.3 Диагностика целостности цепей управления и сигнализации

Контроль целостности цепи датчиков и исполнительных механизмов осуществляется следующим образом:

- контроль целостности цепи датчиков аналоговых сигналов реализован аппаратно/программно в модулях ввода аналоговых сигналов SM 331. Диагностический блок данных, описывающий состояние измерительных цепей, доступен центральному процессору, который считывает информацию либо по программе, либо по прерыванию от модуля;

- контроль целостности цепи исполнительных механизмов, управляемых модулями релейными PLC-RSC-24DC/21HC, осуществляется с

помощью оптопар PLC-OSC, которые подключаются параллельно релейным модулям. Выходные сигналы оптопар (состояние бесконтактного ключевого элемента) поступают на входы модуля SM 321. Замкнутое состояние ключа на выходе схемы контроля (логическая «единица» на оптроне) соответствует отсутствию обрыва в цепи управления при разомкнутых контактах выходного реле. Разомкнутое состояние ключа на выходе схемы контроля (логический «ноль» на оптроне) соответствует обрыву цепи управления при разомкнутых контактах выходного реле, либо замкнутому состоянию контактов выходного реле. Логическая программа анализирует состояния команд управления и значения выходных сигналов схем контроля и, при их несоответствии, формирует сигналы неисправности цепей управления;

– контроль целостности входных цепей системы от датчиков дискретных сигналов осуществляется посредством модулей дискретного ввода, SM 321, DIx16, 24DC, с диагностикой, размещённых в расширителе №1. Для реализации контроля входной цепи необходима установка резисторов номиналом 12 кОм из комплекта монтажных частей параллельно контакту дискретного датчика. Модуль контролирует внутренние неисправности/ошибки, отсутствие питания и обрыв цепи датчика. Диагностический блок данных модуля, в случае появления ошибки, доступен для пользовательской программы через прерывание.

9.4 Действия в экстремальных ситуациях

При возникновении аварийных ситуаций программа аварийного останова реализуется автоматически, при этом исполнительные механизмы и запорная арматура устанавливаются в состояние, обеспечивающее безопасность обслуживающего персонала и исключающее повреждение оборудования. Дополнительно к программным средствам защиты может быть запущена программа аварийного останова с помощью кнопки управления аварийным остановом с ПРУ – кнопка «АО».

В случае невозможности управления системой из-за отказа рабочей станции или обрыва кабеля связи между рабочей станцией и контроллерами, контроль работоспособности ГПА осуществляется с ПРУ. Для этого на ПРУ имеется возможность просмотра окна «Аналоговые параметры» и управления ГПА.

В составе системы предусмотрено аппаратное средство аварийной защиты - блок экстренного останова, представляющий собой релейную схему, непосредственно управляющую исполнительными механизмами.

В случае возникновения аварийных ситуаций, требующих немедленной реакции в виде экстренного останова ГПА, а также в случае полного выхода из строя системы, ГПА может быть остановлен с помощью блока экстренного останова, запускаемого кнопкой «ЭО», установленной на ПРУ.

9.5 Обеспечение информационной безопасности

Информационная безопасность системы обеспечивается следующими средствами:

- разделением внутренней технологической сети и внешних информационных сетей;
- подключение дополнительных рабочих станций осуществляется через коммуникационные и серверные устройства с ограничением права доступа;
- передача информации с/на верхний уровень управления осуществляется через специализированный сервер;
- наличием контрольной информации в пакетах, передаваемых по сети Ethernet, затрудняющих случайное/намеренное искажение передаваемой информации;
- присвоением уникальных адресов сети Ethernet управляющим контроллерам;

- парольной системой доступа к возможностям изменения управляющего программного обеспечения;
- парольной системой доступа к настройкам системы управления с рабочей станции.

9.6 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Защитное заземление системы осуществляется с целью обеспечения защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции (ГОСТ 12.1.030).

При выполнении защитного заземления необходимо руководствоваться «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.2.007.0.

Для защиты системы от внешних помех и повышения надежности ее работы необходимо, чтобы система и силовое оборудование объекта подключались к общему заземлителю объекта через разные магистрали заземления.

Магистраль заземления системы должна прокладываться изолированным медным проводом и подключаться к общему заземлителю объекта. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом. Рекомендуется внутри помещения, где находятся аппаратура САУ ГПА, магистраль заземления системы выполнить в виде изолированной медной шины с резьбовыми соединителями согласно требованиям ГОСТ 21130.

Также в системе подобраны интеллектуальные датчики с самодиагностикой. В которых предусмотрен алгоритм защиты искажения данных, а также выводе информации о коротких замыканиях и обрывах линии.

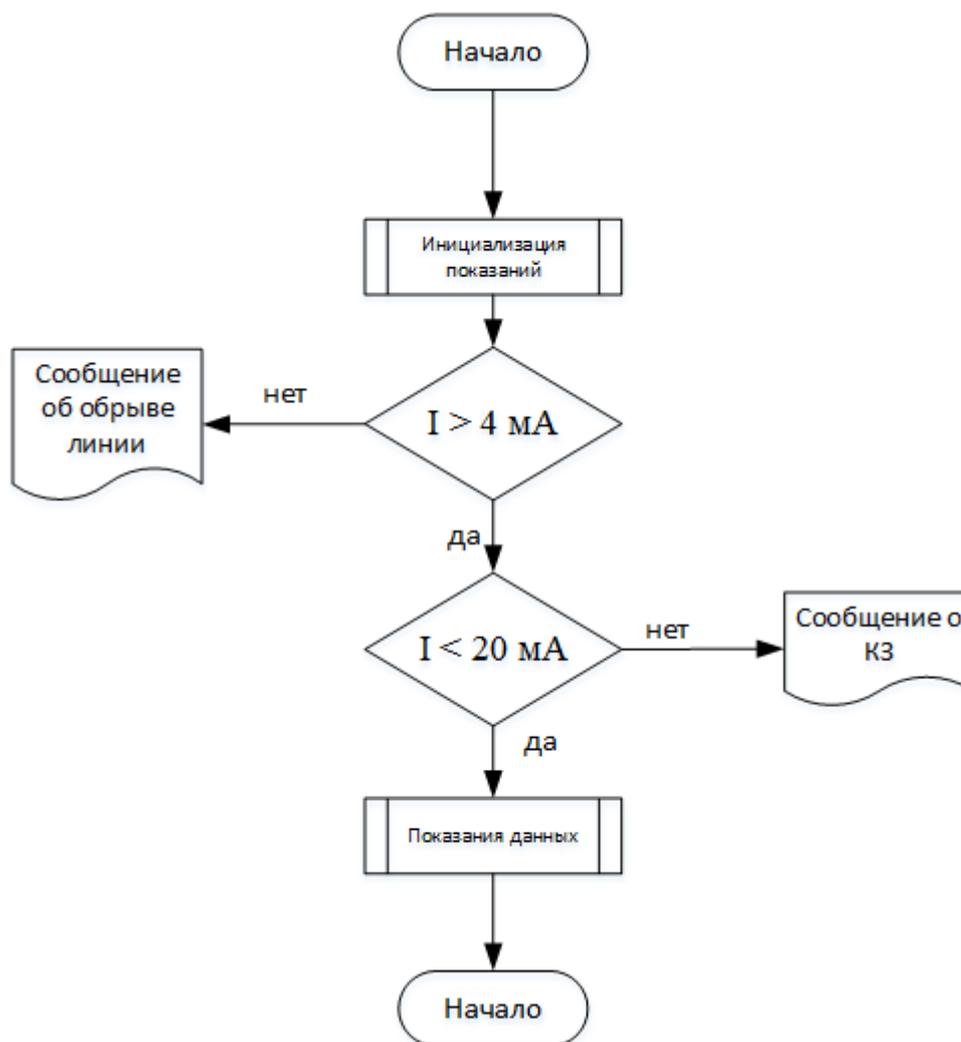


Рис. 18 – Блок схема проверок на обрыв и короткое замыкание

В случае обрыва линии или коротком замыкании в системе у оператора выходят сообщения об ошибках, данные不可靠. В этом случае включаются резервные датчики, если же общая линия повреждена, что и резервные датчики выдают ошибки, то включается световое и звуковое оповещение «Авария», оператор должен дать указание дежурному слесарю КИПиА проверить оборудование по месту. Система автоматически переходит в режим аварийной остановки.

9.7 Взрывобезопасность

В связи с тем, что основной рабочей зоной является площадка с газоперекачивающим агрегатом, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются транспортировочные трубопроводы, газоперекачивающий агрегат, места соединений с исполнительными механизмами.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность.

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

В случае загазованности срабатывают датчики загазованности, включается световое и звуковое оповещение «Загазованность». Срабатывает сторожевой таймер, по истечении 5 минут включается система принудительной приточно-вытяжной вентиляции. Оператор может подтвердить включение приточно-вытяжной системы, не дожидаясь 5 минут, либо отменить запрос, в связи с ложной обработкой сигнала.

Заключение

За счет внедрения передовых технологий руководители предприятий могут не только принимать более эффективные решения, но также совершенствовать производственные процессы и решать ключевые бизнес-задачи. Например, получение своевременной и важной информации позволяет увеличить производительность и повысить уровень безопасности на предприятии.

Чтобы минимизировать потери от простоев, предприятиям необходимо задуматься о внедрении технологий, которые бы распознавали возможные проблемы и помогали их предотвратить. Непрерывный мониторинг ключевых производственных параметров как раз позволяет операторам своевременно выявить проблему и принять соответствующие меры для ее решения. Например, информация, которая в режиме реального времени поступает из встроенных в трубы сенсоров, в сочетании с данными из других производственных объектов дает возможность распознать скрытую коррозию и предотвратить аварийную ситуацию.

В диссертации рассмотрено оборудование для автоматизированного управления газоперекачивающим агрегатом. Разработана система управления оборудованием ГПА на уровне цеха, предприятия.

Разработана модель базы данных, диспетчеризации производства, а также контроля состояния активов. Предлагается интеграция подсистем в единую для эффективного управления и принятия управленческих решений.

Список использованных источников

1. Кочаров Г. В. В проектах Big Data надо быть готовым работать за процент от достигнутого экономического эффекта. URL: <http://bigdaata.cnews.ru/reviers/index.shtml?2013/12/10/552982> (дата обращения 16.03.2018)
2. Бабурин В. А., М. Е. Яненко – Технологии Big Data в сервисе, новые рынки, возможности и проблемы – научная статья 2014, СПбГЭУ – 5 стр.
3. Большие данные. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 05.03.2018).
4. Демидов М. Big Data в России: оцениваем возможности и риски URL: www.cnews.ru
5. «Управление компанией» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zhuk.net/> (дата обращения: 28.10.2017).
6. Данилочкина Н. Управленческий учет как инструмент контроллинга // Управление предприятием. 2013. № 7. URL : http://upr.ru/article/UPRAVLENCHESKIJ_UCHET_KAK_INSTRUMENT_KONTROLLINGA-1182 (дата обращения: 6.09.2017).
8. Иванов В. В., Богаченко П. В., Хан О. К. Формирование системы управленческого учета на основе процессных методов управления компанией. // Управленческий учет: электронный журнал. 2006. № 1. URL : <http://www.upruchet.ru/articles/2006/1/4294.html> (дата обращения: 10.11.2017).
9. Исаев Д.В., Кравченко Т.К. Информационные технологии управленческого учета: учебное пособие. Москва: ГУ ВШЭ, 2006. 297 с.
10. Карпова Т. П. Основы управленческого учета. М.: ИНФРА-М, 1997. 351 с.
11. Введение в OLAP-технологии Microsoft / Наталия Елманова, Алексей Федоров – М., 2002, 272 с.

12. OLAP [Электронный ресурс]. URL: <http://www.olap.ru/> (дата обращения: 28.03.2018).

13. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / Арменак Барсегян, Михаил Куприянов, Валентин Степаненко, Иван Холод – СПб., 2004, 336 с.

Портфель инструментов BI [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://blcons.ru/node/208> (дата обращения 13.02.2018).

14. Проектная документация «Описание Matrix»

15. Пирогов В. Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование. учеб. пособие – СПб.: БХВ – Петербург, 2009. – 528 с.

16. Overby, S. The CIO and CMO Perspective on Big data. (2014). From: <http://www.cio.com/article/2461403/cio-role/the-cio-and-cmo-perspective-on-big-data.html>

17. Saren, M. (2006). *Marketing Graffiti: The View from the Street*. Routledge.

18. Sauer, C. (2015). Collaboration and accountability are at the core of initiatives using big data. *Credit Union Magazine*, 34-37.

19. Schramm, W. (1971). Notes on case studies of institutional media projects. *Working paper for the Academy for educational development*, Washington, DC.

20. Schroeck, M., Shockley, R., Smart, J., Romero-Morales, D., Tufano, P. (2012). Analytics: The Real-World Use of Big Data, IBM report.

21. Sheth, J.N., Sisodia, R.S. (2012). The 4A's of Marketing. Creating Value for Customers, Companies and Society. Routledge, 209 p.

Приложение А

Automated control of the equipment of the gas-pumping unit of the compressor station

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ61	Глухов Иван Юрьевич		

Консультант – отделения ИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Щепетовский Денис Владимирович			

1. Technical description of the system and equipment

The system ensures the implementation of a full range of control, information functions, as well as the regulation and control functions necessary for the operation of the GPU.

The system performs the following management functions:

- automatic check of start-up readiness of gas compressor unit;
- automatic protection of GPU by technological parameters;
- automatic maintenance of "Cold reserve", "Hot standby" states by the given algorithm;
- automatic transfer of the gas compressor unit from the "Cold reserve" state to the "Hot standby" state and back by the operator's command;
- automatic execution of test modes "Checking the protection", "Checking the protection by magnetic suspension", "Comprehensive check of cranes", "Cold scrolling", "Checking the protection of the power unit", "Flushing" according to the specified algorithm;
- automatic start of gas compressor unit according to the given algorithm with output to operating modes ("Ring" or "Main Line");
- automatic translation of the SBS from one operating mode to another (from the "Ring" mode to the "Backbone" mode and back) according to the operator's instruction or according to the commands coming from the upper-level automatic control system;
- automatic control of actuators (MI) and fuel and process gas cranes according to given algorithms;
- automatic normal shutdown of the gas compressor unit with bleeding and without bleeding of gas from the supercharger circuit by the operator's command, according to the specified algorithm;
- automatic forced stop of gas compressor unit with bleeding and without bleeding of gas from the supercharger circuit according to the signals of protection channels, according to a given algorithm;

- automatic emergency stop of gas compressor unit with bleeding and without bleeding of gas from the supercharger circuit according to the signals of the protection channels or by the operator's command, according to a given algorithm;

- an emergency emergency stop of the gas compressor unit according to a given algorithm by the operator's command or in the event of a failure of the system's hardware and software;

- automatic restart with an interval of 3 seconds from the auxiliary mechanisms after a short-term (1 - 5 s) voltage drop of 380 V 50 Hz;

- automatic monitoring of MI testing at all operating modes with presence of position signaling devices;

- Remote control of MI and auxiliary equipment on the operating or non-operating SBS;

- prohibition of the execution of the operator's commands when the unit is operating in automatic mode, unless they are provided by control or regulation algorithms.

The system performs the following information functions:

- representation on the display of the workstation of the GPA mnemonic diagrams with the display of the values of the most important measured parameters in the control points and states of the actuators;

- representation of measured values of process parameters and values of warning and alarm settings in units of physical quantities in accordance with GOST 8.417;

- Representation by the operator of the measured values of technological parameters on the display of the workstation in graphical form or in the form of graphs with the display of warning and alarm warning lines;

- Calculation of parameters in the absence of the possibility of their direct measurement (fuel gas consumption, compressor compression ratio, time of the GPA operating time, etc.) and displaying their values on the workstation screen;

- constant representation on the display of the control panel of the values of the main process parameters of the gas compressor unit, such as the gas temperature behind the turbine, the speed of the power turbine and gas generator, etc .;
- presentation of information on unfulfilled pre-start conditions;
- presentation to the service personnel of information on the failure or inability to perform any stage of the implementation of monitoring, control and regulation functions due to a malfunction of any executive mechanism or when the operating mode of the gas pump is changed;
- presentation of information on the main operating modes of the SBS;
- memorization of the signals that caused the emergency stop, as well as the values of the main technological parameters of the gas compressor unit under emergency protection operation with the possibility of a retrospective analysis of the state of the gas compressor unit;
- presentation to the maintenance personnel of information about the malfunction of the equipment of the system;
- presentation of information on the failure of control and regulation commands, failure of control circuits of actuators or absence of voltage on actuators;
- generation and presentation of current and retrospective information in the form of continuously updated files on the workstation display;
- formation of information arrays for registration on the printer and recording on the electronic medium of the necessary reporting documentation upon the call of the operator or at a specified periodicity;
- Calculation of parameters (if there is no possibility of their direct measurement);
- exchange of information with the top-level automatic control system.

1.1 Composition of the system

1.1.1 The system consists of the following devices and functional units:

- control devices S4.106-00-17-01;
- expander No. 1 S0.204-00-05-03;
- expander No. 2 S0.304-00-13-01;
- power distribution devices S0.404-00-00-02;
- emergency stop unit BCS 510;
- control panel CP-01-015-02-01;
- technical means of LAN;
- unit protection unit BZA-03-44.

The composition of the system is shown in Figure 1.

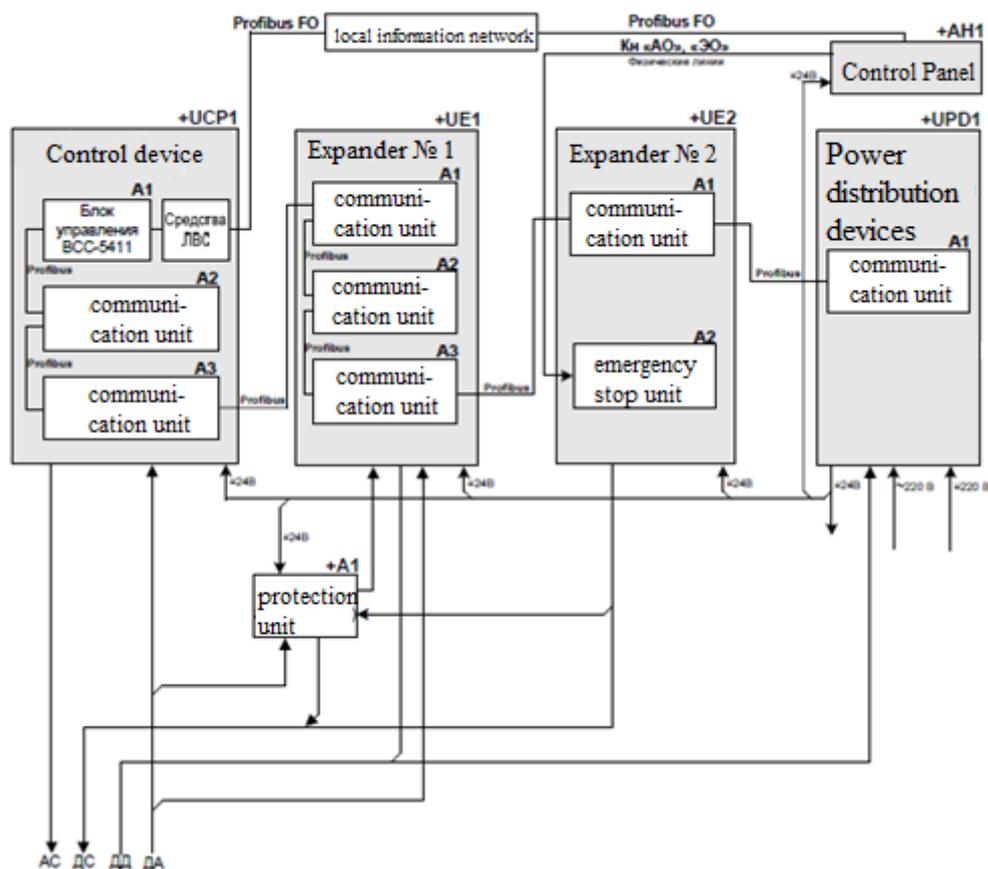


Figure 1 - Interrelation of the elements of the system

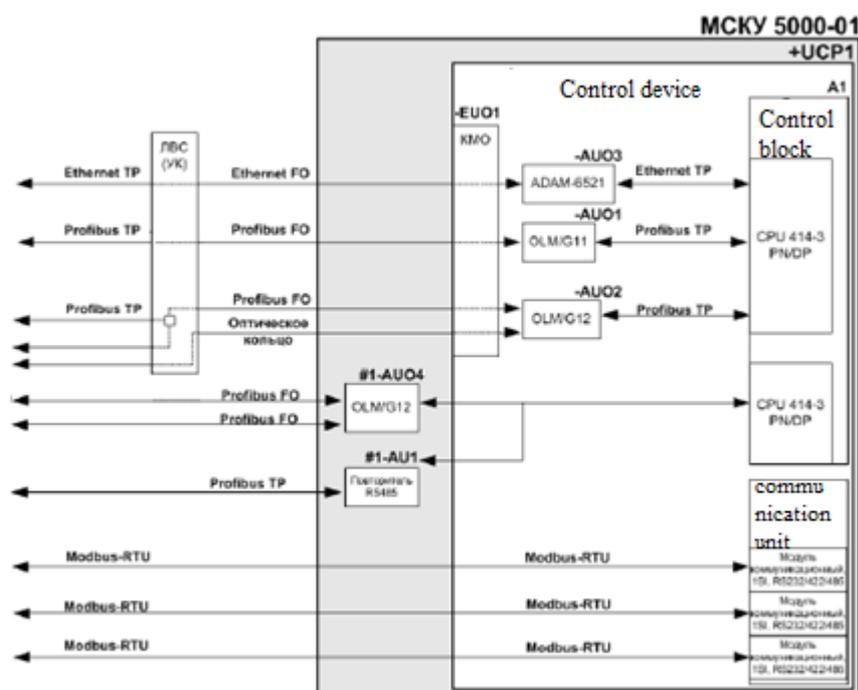


Figure 2 - Interconnection of the system with external devices

1.2 Control device

1.2.1. The control unit S4.106-00-17-01 (UCP11) provides:

- processing and transformation of information received from sensors directly and through expanders;
- processing and transformation of information received from external subscribers via PROFIBUS DP, Ethernet, RS-232, RS-422, RS-485 interfaces. External subscribers are the PRU, the system of archiving and presenting information, SAU KC, NKU AVO, NKU GPA, etc.
 - storage and implementation of control algorithms;
 - Control of MI with analog input signal;
 - formation of information arrays for:
 - management of MI through dilators;
 - transmission to external subscribers via serial channels PROFIBUS DP, Ethernet, RS-232, RS-422, RS-485.
 - performance of the tasks of fuel regulation of the engine and antisurge control of the supercharger;

The control unit (UCP1) consists of:

- control unit, BCC-5411-00-17-01 (+ UCP1-A1);
- communication unit with the object, BCT-5212-00-17-01 (+ UCP1-A2);
- communication unit with the object, BCT-5313-00-17-01 (+ UCP1-A3);
- the hydraulic actuator control module BHA, A-15.626.60-01 (+ UCP1-A4);
- means of communication with the object;
- technical means of LAN.

1.2.2 The control unit, BCC-5411-00-17-01 (hereinafter - BU) is built on the basis of a programmable S7-400 controller.

Structurally, the controller is made in the form of a frame with modules.

Power supply PS 405, 4A, 24DC / 5DC

The stabilized power supply PS 405, 4A, 24DC / 5DC (shown in Figure 1) has an output voltage of 5 V and 24 V DC. The power supply is designed to supply voltage to the S7-400 controller modules. The input of the power supply module PS 405 receives a direct current of 24 V.

The module has the following specifications:

- natural convection cooling;
- plug-in power supply with DC / AC coding;
- outputs with short circuit test;
- monitoring of both output voltages (if one of them fails, the power supply unit signals a malfunction in the CPU);
- output voltage:
- direct current: 5.1 V (+ 2%, -0.5%);
- direct current: 24 V \pm 5%;
- output currents, nominal values: = 5 V / 4 A, = 24 V / 0.5 A;
- Power consumption: 48W.

On the front panel of PS PS 405 are:

- LEDs signaling internal failures, the presence of output voltages equal to 5 V and 24 V, as well as the status of the buffer battery;

- Alarm release button;
- output voltage toggle switch.

Under the protective cover are located:

- compartment for installing a buffer battery (hereinafter battery), which is designed to save settings and store data in RAM;
- three-contact screw terminal for connecting the input voltage circuit.

Power supplies are installed in the leftmost connectors of the rack.

Since when the power is removed from the CPU memory controller, it is necessary to make sure that the battery status is always working.

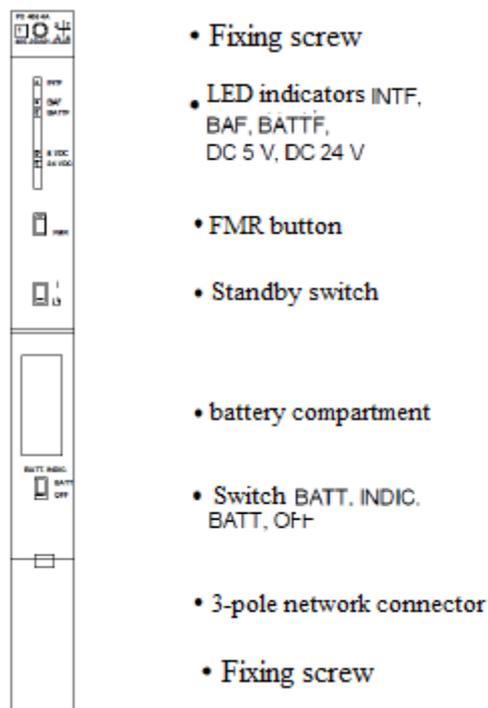


Figure 3 - Appearance, controls and indicators of PS 405, 4A, 24DC / 5DC power supply unit

Central Processing Unit, CPU 414-3PN / DP.

CPU module CPU 414-3 PN / DP performs the functions of storage and implementation of algorithms for control, regulation, data collection and data processing from analog and discrete modules. It is also his task to organize and maintain continuous communication with subscribers of communication networks.

Operational characteristics of CPU 414-3PN / DP:

- execution time of one binary instruction is 45 ns;
- Built-in working memory: 1.4 MB;
- built-in boot memory: 512 KB;
- expansion of the boot memory is carried out using the FLASH EEPROM memory card;

The CPU 414-3PN / DP has two built-in interface ports:

- RS 485 / Profibus DP (connector X1) for connection of distributed input / output devices;
- Ethernet (connectors X5 P1 and X5 P2).

The connectors are located on the front panel of the module. The Profibus DP interface, output to the X1 connector, can be used as a multipoint interface (MPI) for connecting programming devices.

Slot IF1 is designed to use the interface submodule IF964-DP, Profibus-DP, which allows using the third interface (Profibus-DP).

On the front panel of the module there are LEDs (INTF, EXTF, BUS1F, BUS5, IFM1F, FRCE, MAINT, RUN, STOP), they display the operating mode of the CPU and signal internal or external faults.

On the front panel is a mode switch, with which you can set the operating modes of the CPU: RUN, STOP or MRES.

Specifications:

- supply voltage: 5 V and 24 V DC;
- Consumed current: on the S7-400 bus (5 VDC) no more than 1.4 A; on the S7-400 bus (24 VDC) is used only for MPI / DP interfaces, no more than 0.15 A per interface;
- Buffer current: not more than 550 mA;
- power loss: not more than 5.5 W;
- dimensions (WxHxD): 50x290x219 mm.

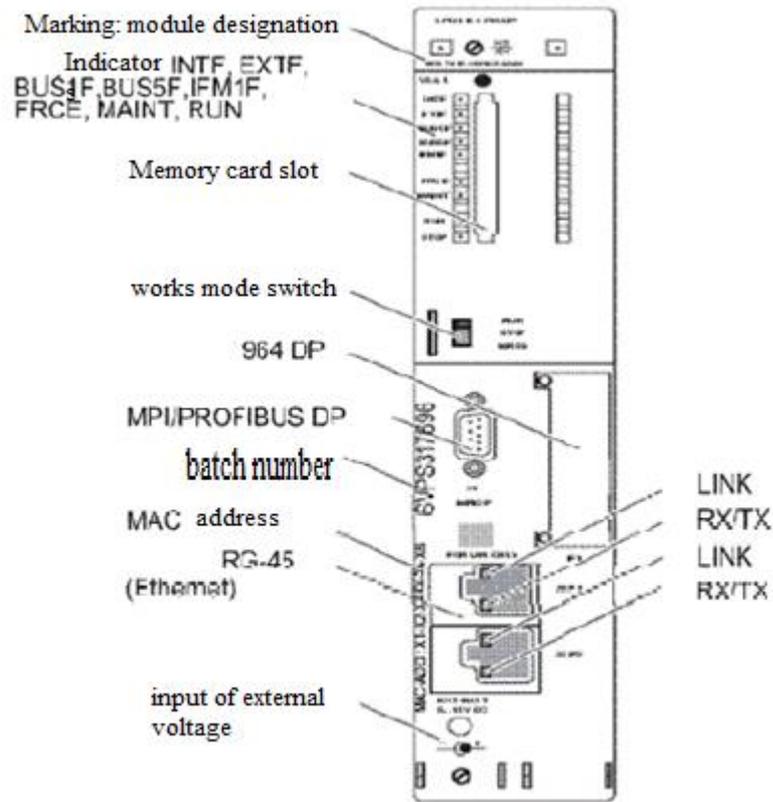


Figure 4 - Appearance, controls and indicators of the CPU module,
CPU 414-3PN/DP

The communication unit with the object, BCT-5212-00-17-01 is built on the basis of the ET 200S distributed input / output station.

The communication unit with the object, BCT-5313-00-17-01 is built on the basis of the distributed input / output station ET 200M.

The hydraulic control unit BHA, A-15.626.60-01 is designed to interface the controller with the IM-21AA actuator and the position sensor DBSCT-650-1SH hydraulic drive BHA

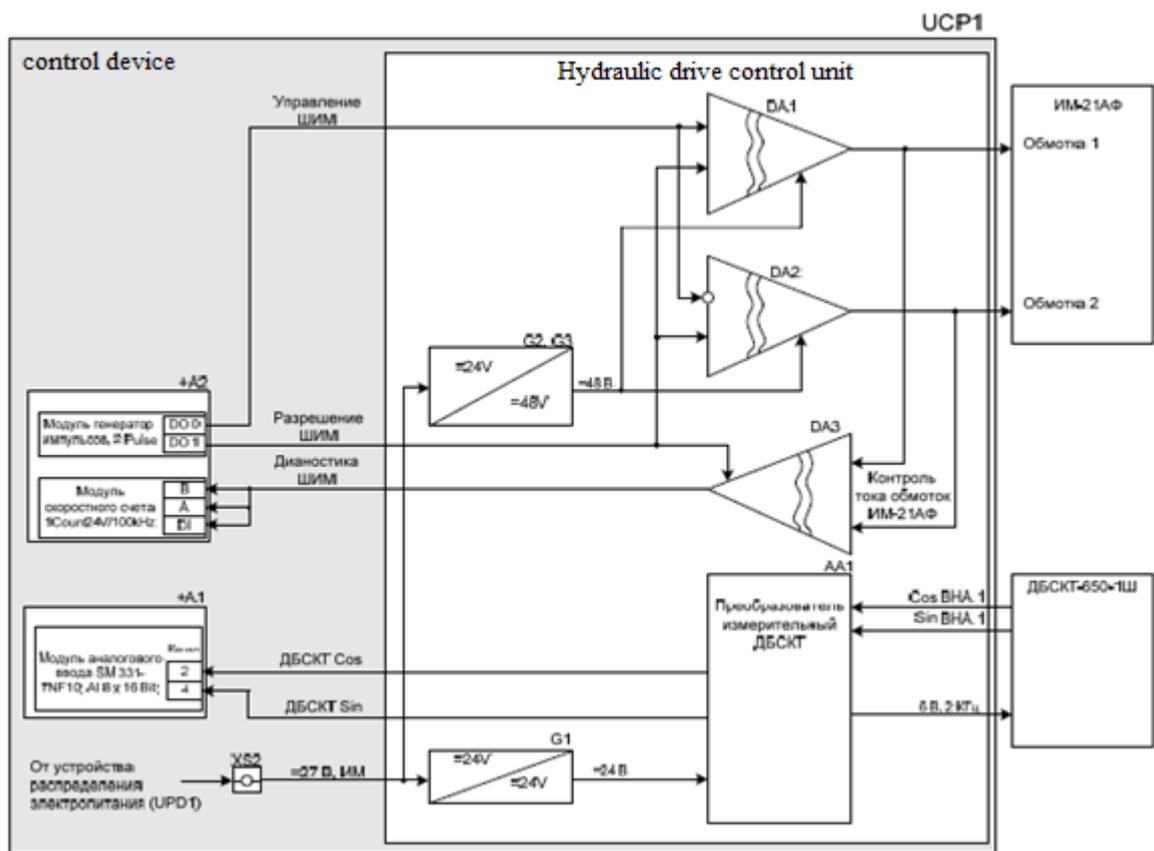


Figure 5 - Block diagram of the hydraulic control unit of the VNA

The BHA position (angle) setter is a control program operating in the S7 processor (CPU 414-3). The job is converted into two PWM signals (direct and inverted) generated by the pulse generator with the duty cycle $\gamma = [10..90]\%$. PWM signals are fed to the 2 windings of the IM-21AA actuator via the amplifying optocouplers DA1 and DA2.

The feedback signal (OS) "BHA position" is a sine-cosine signal generated by the position sensor (transformer) DBSCT-650-1SH. To bring the signal to a unified form, the measuring transducer DBSCT, A-15.637.69, which converts the sine-cosine sensor signals into potential, proportional to the sine and cosine of the angle of rotation of the SCT shaft, is used. The measuring transducer DBSCT also forms the supply voltage of the sensor DBSCT - $U_{pt} = 6V, 2kHz$.

The monitoring of communication lines with the actuator is carried out with the aid of the DA3 optocoupler due to the presence of a continuous current through the windings IM-21AF, as evidenced by the continuous potential signal at the output of the optocoupler connected to the digital input of the 1 Count 24V / 100kHz high-speed counting module. The voltage converters G2 and G3 form a 48 V voltage for supplying the control circuits IM-21AF.

Communication means with the control device object are intended for:

- connection of cables from sensors and analog MI;
- reception of two-position signals from sensors, galvanic separation, normalization and primary processing of analog and discrete signals;
- Ensuring explosion protection when connecting sensors and actuators located in hazardous areas.

The means of communication with the object UCP1 include the following products:

- Amplifier-drivers (AUF1 ... AUF4) are used in the channels for measuring the rotation speed of the shafts of the gas compressor unit (hereinafter - GPA), intended for galvanic separation and signal level normalization.

Technical means of LAN serve for the organization of optical communication channels of remote control units with external subscribers via interfaces PROFIBUS DP and Ethernet.

1.3 Expander 1

1.3.1 The expander 1 S0.204-00-05-03 (UE1) is intended for:

- reception and galvanic separation of input analog signals;
- reception and galvanic separation of input discrete signals;
- transmission of input information to UCP1.

UE1 consists of:

- communication unit BCT-5321-00-05-03 (+ UE1-A1);
- communication unit BCT-5322-00-05-03 (+ UE1-A2);
- communication unit BCT-5323-00-05-03 (+ UE1-A3);

- means of communication with the object.

The communication units are constructed on the basis of the ET 200M distributed I / O station.

1.4 Expander 2

1.4.1. Expander 2 S0.304-00-13-01 (UE2) is designed for galvanic separation, amplification and issuance of control commands to the GPA executive mechanisms with simultaneous control of the serviceability of the control circuits.

1.4.2 UE2 consists of:

- communication unit BCT-5331-00-13-01 (+ UE2-A1);
- emergency stop unit BCS 510 (+ UE2-A2);
- means of communication with the object.

1.4.3 The communication unit is constructed on the basis of the ET 200M distributed I / O station.

1.4.4 The means of communication with the UE2 object are intended for:

- connecting cables from MI;
- amplification of MI control signals generated by the communication unit;
- formation of integrity signals of the control circuit of the IM.

The communication facility with the UE2 facility includes:

- relays (AK1 - AK64), designed to amplify commands for controlling MI;
- optocouplers (DA1 - DA64), designed to control the integrity of the control circuit (lines of communication with the IM);

- blocks of fuses with fuse-links (XFU *), serve to protect the control circuits of the MI from the "short" closure;

- terminal connectors of the external connection cross-connect (XDO *), intended for connecting cables from the GPA actuators.

1.5 Emergency stop unit

The emergency stop BCS 510 (hereinafter - BEO) serves to stop the GPU in an emergency situation, when the firmware of the system can't stop the unit. In this case, the signal from the "EO" button located on the field distributor is fed to the emergency stop unit, in which the output relays forming the EO commands are switched on, with all other control channels being blocked at the same time. The structure of the BEO includes output relays and timers that regulate the time of the formation of the EA commands and the delay in opening the candle cranes.

The watchdog timer that is part of the BEO generates a command to turn on the EO in the event of a failure ("hang") of the UCP1 controller.

Structurally the BEO is located on the UE2 panel.

1.6 Unit protection unit

The unit protection unit (hereinafter - BZA) BZA-03-44 is designed to protect gas pumping units from exceeding the permissible speed of rotation of shafts and the maximum permissible temperature of GTU combustion products.