

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 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления насосного агрегата дожимной насосной станции

УДК 681.586:622.276.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т32	Сороков Иван Сергеевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Пякилля Б.И.			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший Преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

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	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Воронин А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Сорокову Ивану Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование системы автоматизации дожимной насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является дожимная насосная станция.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС

<p><i>обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Перечень входных/выходных сигналов ТП 3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio 4 Схема информационных потоков 5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab 6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 7 Дерево экранных форм 8 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта 9 Обобщенная структура управления АС 10 Трехуровневая структура АС</p>
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Пякилля Б.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Сороков Иван Сергеевич		

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

Инженерная школа информационных технологий и роботехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов
и производств
Уровень образования-бакалавр
Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	.06.2018 г.
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018 г.	Основная часть	60
04.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
04.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Пякилля Б.И.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Алек- сандр Василье- вич	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 131 страниц машинописного текста, 58 рисунков, 45 таблиц, 1 список использованных источников на 28 наименований, 7 приложений.

Ключевые слова: автоматизированная система, насос, насосная станция, дожимная насосная станция, комплекс технических средств, программно-технический комплекс, программируемый логический контроллер, смесь, эмульсия, нефть, SCADA-система, видеокадр, мнемосхема, автоматизированное рабочее место, структура, иерархия, схема, технология, процесс.

Объектом исследования является дожимная насосная станция.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления дожимной насосной станцией с использованием программно-технического комплекса на основе программируемого логического контроллера и SCADA-системы.

Проектируемая система может быть применена на предприятиях нефтегазового комплекса и предназначена для дистанционного управления технологическим процессом дожимной насосной станции (включая контроль технологических параметров).

При выполнении работы были использованы следующие программные продукты:

- Microsoft Office 2016;
- Autodesk AutoCAD 2018;
- Simple SCADA 2.0.

СОДЕРЖАНИЕ

Глоссарий	9
Обозначения и сокращения	11
Цвета, используемые при проектировании видеокадров	13
Введение	14
1 Техническое задание	15
1.1 Назначение, цели и функции АСУ ТП	15
1.2 Назначение, состав и характеристика ДНС	15
1.3 Требования к АСУ ТП	16
1.3.1 Общие требования	16
1.3.2 Требования к структуре	16
1.3.3 Объемы автоматизации АСУ ТП	18
1.3.4 Требования к перспективам развития и модернизации АСУ ТП	20
1.3.5 Требования по стандартизации и унификации	20
1.4 Требования к видам обеспечений	22
1.4.1 Требования к техническому обеспечению	22
1.4.2 Требования к программному обеспечению	24
1.4.3 Требования к информационному обеспечению	25
1.4.4 Требования к математическому обеспечению	25
2 Основная часть	26
2.1 Описание технологического процесса	26
2.2 Выбор архитектуры и профиля АС	27
2.3 Разработка схемы функциональной структуры	33
2.4 Разработка схем автоматизации	36
2.5 Разработка схемы информационных потоков	37
2.6 Выбор комплекса технических средств	40
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования	40
2.6.1.1 Модуль центрального процессора 1756-L62	45
2.6.1.2 Источник питания 1756-PA72	45
2.6.1.3 Шасси 1756-A4, 1756-A7	46
2.6.1.4 Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR	47
2.6.1.5 Модуль резервирования 1756-RM2	47
2.6.1.6 Модуль ввода дискретных сигналов 1756-IB32	48
2.6.1.7 Модуль вывода дискретных сигналов 1756-OB32	48
2.6.1.8 Модуль ввода аналоговых сигналов 1756-IF16H	49
2.6.1.9 Модуль коммуникационный RS-232/422/485 MVI56E-MCM	49
2.6.2 Выбор полевого оборудования	50
2.6.2.1 Манометр WIKA PG23LT	50
2.6.2.2 Датчик избыточного давления Метран-150CG	52
2.6.2.3 Термопреобразователь сопротивления Метран-2000	53
2.6.2.4 Вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120	54
2.6.2.5 Вибропреобразователь ВК-310С	55
2.6.2.6 Газоанализатор ИДК-09	56
2.6.2.7 Световые и светозвуковые сигнализаторы	56

2.6.3	Выбор исполнительных устройств	57
2.6.3.1	Электропривод АУМА	57
2.6.4	Нормирование погрешности канала измерения	58
2.7	Разработка схем соединений внешних проводок	60
2.8	Разработка алгоритмов управления	63
2.8.1	Обработка входного дискретного сигнала	65
2.8.2	Обработка дискретного выходного сигнала	67
2.8.3	Обработка входного аналогового сигнала	68
2.8.4	Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок	74
2.8.5	Алгоритмы автоматического регулирования технологическим параметром	76
2.9	Разработка мнемосхем	78
2.9.1	Общая информация	78
2.9.2	Основные функции	80
2.9.2.1	Управление	81
2.9.2.2	Отображение	81
2.9.2.3	Перечень соглашений	83
2.9.2.4	Аварийные сообщения	86
2.9.2.5	Регистрация процесса	88
2.9.2.6	Дистанционное управление электроприводными задвижками	88
3.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	91
3.1.	Quad анализ	91
3.2	Планирование научно-исследовательских работ	92
3.3	Бюджет научно-технического исследования	95
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	98
4.	Социальная ответственность	104
4.1.	Оборудование	105
4.2.	Датчики	106
4.3.	Связь контроллера и оператора	109
	Заключение	113
	Список использованных источников	114
	Приложение А. Схема принципиальная технологическая	116
	Приложение Б. Схема функциональной структуры	117
	Приложение В. Схемы автоматизации	118
	Приложение Г. Перечень входных и выходных сигналов и данных	122
	Приложение Д. Схема информационных потоков	123
	Приложение Е. Схемы соединений внешних проводок	124
	Приложение Ж. Чертеж видеокadra ДНС	131

ГЛОССАРИЙ

Термин	Определение
Автоматизированная система управления (АСУ)	Комплекс аппаратных и программных средств, а также персонала, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин «автоматизированная», в отличие от термина «автоматическая» подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.
Интерфейс (RS-232, RS-422, RS-485, CAN)	Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.
Профиль автоматизированной системы (АС)	Понятие «профиль» (ГОСТ Р ИСО / МЭК ТО 10000-1-99) определяется как <i>множество, состоящее из одного или нескольких базовых стандартов и(или) МФС, а также, при необходимости, из определений выбранных классов, соответствующих подмножеств, вариантов и параметров, определенных в данных базовых стандартах или МФС, необходимое для выполнения конкретной функции.</i> Иными словами, понятие «профиль» можно расшифровать как <i>подмножество и / или комбинации базовых стандартов информационных технологий, необходимые для реализации требуемых наборов функций АС.</i> Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая <i>OSE / RM</i> (Open System Environment / Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО / МЭК ТО 10000-3-99.
Протокол (Profibus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, DeviceNet, ProfiNet, ControlNet и др.)	Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение интеллектуальными устройствами.
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы.
Технологический процесс (ТП)	Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. ТП состоит из рабочих операций, которые, в свою очередь, складываются из рабочих движений (приемов).
Архитектура АС	Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.
SCADA-система (от англ. – Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.

Термин	Определение
ФЮРА.425280	<p>ФЮРА – четырехзначный буквенный код организации-разработчика, назначаемый по кодификатору (для ТПУ утвержден код ФЮРА).</p> <p>425280 – код классификационной характеристики проектной продукции по Общероссийскому классификатору продукции (Программно-технические комплексы для распределенного автоматизированного управления технологическим объектом, многофункциональные)</p>
Система управления базами данных (СУБД)	Совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным.
ОРС-сервер	Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС.
Стандарт	<p>Образец, эталон, модель, принимаемые за исходные данные для сопоставления с ними др. подобных объектов.</p> <p>Стандарт в РФ – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.</p>
Объект управления (ОУ)	Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания автоматизированной системы управления.
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	<p>Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.</p> <p>В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода / вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды.</p> <p>ПЛК являются устройствами реального времени.</p>
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида АС.
Тег	Идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Аббревиатура	Расшифровка
ANSI / ISA	American National Standards Institute / Instrument Society of America – Американский национальный институт стандартов / Американское общество приборостроителей
API	Application Program Interface – интерфейс прикладных программ
EEI	External Environment Interface – интерфейс внешнего окружения
HMI	Human Machine Interface – человеко-машинный интерфейс
IP	International Protection – степень защиты
ODBC	Open DataBase Connectivity – программный интерфейс доступа к БД
OLE	Object Linking and Embedding – протокол, определяющий взаимоотношение различных прикладных программ при их компоновке в единый объект / документ
OPC	Object Protocol Control – OLE для управления процессами
OSE / RM	Open System Environment / Reference Model – базовая модель среды открытых систем
OSI	Open System Interconnection – эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем
PLC	Programmable Logic Controller – программируемый логический контроллер
SNMP	Simple Network Management Protocol – протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP / IP
АКБ	Аккумуляторная батарея
АРМ	Автоматизированное рабочее место
АС (АСУ)	Автоматизированная система (автоматизированная система управления)
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АЦП	Аналогово-цифровой преобразователь
БД	База данных
ГОСТ	Государственный стандарт
ДВК	Довзрывоопасная концентрация
ДНС	Дожимная насосная станция
ЕД	Емкость дренажная
ЗИП	Запасные части, инструменты и принадлежности
ЗРА	Запорно-регулирующая аппаратура
ИБП	Источник бесперебойного питания
ИК	Измерительный канал
ИМ (ИУ)	Исполнительный механизм (исполнительное устройство)
КВО / КВЗ	Концевой выключатель открытия / закрытия
КИП	Контрольно-измерительные приборы
КМХ	Контроль метрологических характеристик
КТС	Комплекс технических средств
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
МВО / МВЗ	Моментный выключатель открытия / закрытия
МИ	Методика измерений

Аббревиатура	Расшифровка
НГС	Нефтегазовая скважина
НКПР	Нижний концентрационный предел распространения пламени
НТД	Нормативно-техническая документация
ОУ (ОР)	Объект управления (регулирования)
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ППО (ПО)	Прикладное программное обеспечение (программное обеспечение)
ППК	Пружинный предохранительный клапан
ПТК (ПТС)	Программно-технический комплекс (программно-технические средства)
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
СИ	Средство измерения
СУБД	Система управления базами данных
ТЗ	Техническое задание
ТП	Технологический процесс
ТС (ТСП)	Термопреобразователь сопротивления (платиновый)
УЗИП	Устройство защиты от помех и импульсных перенапряжений
УСО	Устройство сопряжения (связи) с объектом – устройство ввода / вывода
УУН	Узел учета нефти
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ЦППН	Цех подготовки и перекачки нефти
ЧМИ	Человеко-машинный интерфейс
ЭВМ	Электронно-вычислительная машина

ЦВЕТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВИДЕОКАДРОВ

Цвет	Название	RGB-код	Описание
	Темно-серый	40, 40, 40	Фон видеокadra
	Светло-серый	159, 159, 159	Неактивное состояние дискретного параметра Дренажная линия трубопровода Технологическое оборудование Нет связи с задвижкой Насос отключен Аналоговый параметр в норме
	Желтый	255, 255, 0	Предупредительное состояние дискретного параметра Газовая линия трубопровода Допустимое значение параметра «уровень» Задвижка закрыта Нарушение допустимых норм аналогового параметра
	Зеленый	0, 255, 0	Рабочее состояние дискретного параметра Водяная линия трубопровода Задвижка открыта Насос включен
	Красный	255, 0, 0	Аварийное состояние дискретного параметра Аварийное значение параметра «уровень» Неисправность Авария задвижки Авария насоса Нарушение предельных норм аналогового параметра
	Коричневый	109, 54, 0	Нефтяная (эмульсионная) линия трубопровода Канал в режиме маскирования
	Фиолетовый	208, 0, 208	Канал в режиме имитации

ВВЕДЕНИЕ

Теоретически, любой процесс в нефтегазовой отрасли можно вести на неавтоматизированном оборудовании с ручным управлением при непосредственном участии человека, однако, такое управление, по сравнению с автоматизированным, кроме значительных затрат «живого» труда и других ресурсов, приводит к снижению производительности оборудования и качества продукции.

Кроме того, современный период технического развития характеризуется созданием и внедрением в промышленность автоматизированных систем управления с целью повышения технико-экономических показателей производства.

Таким образом, данная работа посвящена проектированию автоматизированной системы управления дожимной насосной станции.

Целью выпускной квалификационной работы является приобретение, систематизация и углубление теоретических знаний и практических навыков в области проектирования автоматизированных систем объектов нефтегазовой отрасли.

Для достижения цели в процессе проектирования были решены следующие задачи:

- 1 разработка технического задания;
- 2 изучение и описание технологического процесса;
- 3 разработка графических материалов:
 - принципиальной технологической схемы;
 - схемы функциональной структуры;
 - схем автоматизации;
 - схем соединений внешних проводок;
 - чертежей видеокадров (мнемосхем);
- 4 выбор комплекса технических средств;
- 5 разработка перечней входных / выходных сигналов и данных;
- 6 разработка алгоритмического обеспечения.

1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

1.1 Назначение, цели и функции АСУ ТП

Целью создания автоматизированной системы управления (АСУ) дожимной насосной станции (ДНС) является реализация функций автоматизированного управления технологическим процессом.

Основные цели и задачи АСУ ТП:

- обеспечение транспортирования с заданной производительностью при минимальных эксплуатационных затратах;
- повышение надежности работы нефтепроводного транспорта и предотвращение аварийных ситуаций;
- сокращение потерь при транспортировании и хранении;
- обеспечение качества поставляемой нефти;
- осуществление оперативного учета материальных и энергетических ресурсов и затрат;
- сокращение (до минимума) времени и объема обслуживания и ремонта.

Основные функции АСУ ТП:

- централизованный контроль и управление основным и вспомогательным технологическими процессами (ТП) ДНС;
- обеспечение надежной работы оборудования технологических сооружений и предотвращения аварийных ситуаций;
- повышение эффективности основного и вспомогательных ТП на ДНС;
- передача основных параметров на АРМ оператора.

1.2 Назначение, состав и характеристика ДНС

ДНС предназначена для сбора, сепарации, предварительного обезвоживания, учета и дальнейшей транспортировки нефти в цеха подготовки и перекачки нефти (ЦППН). Сырьем для ДНС является продукция нефтегазовых скважин (НГС) в виде газожидкостной смеси (эмульсии, флюида).

Расчетная температура окружающего воздуха на открытых площадках находится в диапазоне от минус 50 до плюс 40 °С. Расчетная температура окружающего воздуха в закрытых помещениях – от плюс 18 до плюс 25 °С.

Режим работы объекта – круглосуточный, круглогодичный.

Состав ДНС приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав ДНС

№	Наименование объекта / сооружения	Позиция
1	Емкости сепарационные Е-1...3 (3 шт.)	2
2	Насосные агрегаты Н-1...3 (3 шт.)	3
3	Емкость дренажная ЕД (1 шт.)	4

1.3 Требования к АСУ ТП

1.3.1 Общие требования

АСУ ТП ДНС должна строиться как открытая иерархически распределенная система, с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

Программно-технические средства системы, входящие в комплекс технических средств (КТС) должны иметь необходимые сертификаты соответствия.

На всех уровнях АСУ ТП должна быть обеспечена защита от несанкционированного доступа к ее функциям и информации с помощью паролей, определяющих права доступа, ключей или других способов.

1.3.2 Требования к структуре

Структура АСУ ТП должна быть предусмотрена такой, чтобы исключить наличие узлов (единичных элементов и связей), отказ которых приведет к отказу АСУ ТП в целом.

Проектируемая АСУ ТП должна строиться по трехуровневому иерархическому принципу.

К нулевому (нижнему) уровню АСУ ТП должны относиться:

- местные и показывающие приборы;
- первичные средства измерения и датчики технологических параметров;

- исполнительные механизмы;
- аппаратура местного управления.

Связь между оборудованием полевого (нижнего) и контроллерного (среднего) уровней должна осуществляться при помощи проводных связей, посредством цифровых и унифицированных аналоговых, дискретных электрических сигналов.

Средний уровень АСУ ТП должен быть построен на программируемых логических контроллерах (ПЛК).

Дополнительно, должны быть предусмотрены средства защиты интерфейса от помех и импульсных перенапряжений (УЗИП), а также искробезопасные барьеры, для подключения датчиков, установленных во взрывоопасных зонах.

Второй (верхний) уровень АСУ ТП должен быть представлен автоматизированными рабочими метами (АРМ) оператора (основным и резервным). АРМ выполняют функции предоставления оператору необходимой информации и приема от него команд управления автоматизируемыми объектами.

АРМ оператора предоставляет персонализированный доступ к данным по любым функциональным задачам как в мнемографическом представлении (мнемосхемы, тренды, гистограммы и пр.), так и в табличном виде (сводки, рапорты, отчёты и т.д.).

Так же ко второму уровню АСУ ТП относится серверное оборудование. Сервера выполняют функции хранения, обработки и обмена информацией.

Обмен данными между оборудованием среднего и верхнего уровней должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей высокой производительности.

Резервирование сети Ethernet должно быть выполнено на физическом уровне посредством установки отдельных коммутаторов и подключением их к среднему уровню. Также все АРМ должны быть оснащены дополнительной сетевой платой, позволяющей подключаться к резервированной сети Ethernet.

Системное и прикладное программное обеспечение АРМ операторов должно включать:

- операционная система (лицензия);
- SCADA-система;
- база данных реального времени с функцией архивирования;
- средства антивирусной защиты;
- средства резервного копирования и восстановления систем.

1.3.3 Объемы автоматизации АСУ ТП

Автоматизация объектов АСУ ТП должна быть предусмотрена в ниже-следующем объеме.

Автоматизация емкостей сепарационных ЕК-1...3 (3 шт.) (поз. 2) должна предусматривать:

1 Местный контроль давления на входе и выходе емкости.

2 Дистанционный контроль:

- давления на входе и выходе емкости;
- загазованности на площадке емкостей.

3 Местную сигнализацию при достижении дозрывоопасной концентрации (ДВК) горючих газов и паров на площадке емкостей 20 % и 50 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР).

4 Дистанционную сигнализацию

– при достижении ДВК горючих газов и паров на площадке емкостей 20 % и 50 % НКПР;

- максимального предельного уровня жидкости в емкости.

5 Контроль состояния, местное и дистанционное (ручное с АРМ оператора и автоматическое (АСУ ТП)) управление электроприводными задвижками.

Автоматизация насосных агрегатов Н-1...3 (3 шт.) (поз. 3) должна предусматривать:

1 Местный контроль давления на входе и выходе насосов.

2 Дистанционный контроль:

- загазованности на площадке насосных агрегатов;
- перепада давления на фильтрах;
- температуры подшипников электродвигателей насосов;
- вибрации насосов;
- давления на входе и выходе насосов;
- уровня в аппарате.

3 Местная сигнализация при достижении ДВК горючих газов и паров на площадке насосных агрегатов 20 % и 50 % НКПР.

4 Дистанционная сигнализация:

- при достижении ДВК горючих газов и паров на площадке насосных агрегатов 20 % и 50 % НКПР;
- максимального допустимого значения перепада давления на фильтрах;
- максимального допустимого и предельного значений температуры подшипников электродвигателей насосов;
- максимального предельного значения вибрации насосов;
- снятия защитного кожуха;
- минимального и максимального предельного и допустимого значений давления на входе и выходе насосов.

5 Автоматическое управление:

- отключение насоса при:
 - а) достижении ДВК горючих газов и паров на площадке насосных агрегатов 20 % НКПР (с блокировкой включения насоса);
 - б) максимальном предельном значении температуры подшипников электродвигателей насосов;
 - в) максимальном предельном значении вибрации насосов;
 - г) снятии защитного кожуха (с блокировкой включения насоса).

6 Контроль состояния, местное и дистанционное (ручное с АРМ оператора и автоматическое (АСУ ТП)) управление электроприводными задвижками.

Дополнительно предусмотреть автоматическое отключение рабочего насоса, включение резервного насоса при минимальном и максимальном предельных значениях давления на входе и выходе насосов в течение 30 секунд.

Автоматизация емкости дренажной ЕД (1 шт.) (поз. 4) должна предусматривать:

- 1 Дистанционный контроль загазованности на площадке емкости.
- 2 Местная сигнализация и дистанционная сигнализация:
 - при достижении ДВК горючих газов и паров на площадке емкости 20 % и 50 % НКПР;
 - максимального предельного значения уровня жидкости в емкости.

1.3.4 Требования к перспективам развития и модернизации АСУ ТП

В шкафах РСУ должно быть предусмотрено не менее 15 % свободного места для размещения дополнительного оборудования. Контроллеры должны иметь 20 % запас по аналоговым входам / выходам и 30 % запас по дискретным входам / выходам. Также, должны быть предусмотрены дополнительные барьеры искрозащиты, реле, клеммные блоки и др. компоненты в объеме не менее 20 % от числа использованных.

Должна обеспечиваться возможность по наращиванию АСУ ТП путем непосредственного дополнения, а не изменения, технических средств и минимального изменения ПО и конфигурации АСУ ТП.

1.3.5 Требования по стандартизации и унификации

Проектируемая АСУ ТП должна быть универсальной и соответствовать современным тенденциям в области создания систем по функциональному развитию, удобству эксплуатации и обслуживания.

Технические и программные решения, применяемые в проектируемой АСУ ТП, должны быть максимально унифицированы.

При создании АСУ ТП необходимо руководствоваться следующей нормативно-технической документацией (НТД):

- Приказ от 12 марта 2013 года №101. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности.
- ПУЭ. Правила устройства электроустановок.
- ГОСТ Р 50571.1-2009 (МЭК 60364-1:2005). Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения;
- ГОСТ 30852.13-2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок).
- СП 76.13330.2011. Электротехнические устройства.
- СП 77.13330.2016. Системы автоматизации.
- ВСН 64-86. Методические указания по установке сигнализаторов и газоанализаторов контроля до взрывоопасных и предельно допустимых концентраций химических веществ в воздухе производственных помещений.
- ВСН 205-84. Инструкция по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов.
- ТУ-газ-86. Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов.
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
- ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
- ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности.
- ГОСТ 14254-2015 (МЭК 60529:2013). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).
- ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки.

- ANSI/ISA-5.1-2009. Instrumentation Symbols and Identification.

1.4 Требования к видам обеспечений

1.4.1 Требования к техническому обеспечению

Оборудование нижнего уровня должно удовлетворять следующим требованиям:

- местный контроль давления: манометр; измерительная система: трубка Бурдона; с гидрозаполнением; класс точности: 1,5; тип присоединения: резьба наружная M20x1,5; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65;

- дистанционный контроль избыточного давления: датчик избыточного давления; выходной сигнал: 4...20 мА с цифровым сигналом по протоколу HART; предел допускаемой относительной погрешности: $\pm 0,05$ %; тип присоединения: резьба наружная M20x1,5; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь;

- дистанционный контроль перепада давления: датчик дифференциального давления; выходной сигнал: 4...20 мА с цифровым сигналом по протоколу HART; предел допускаемой относительной погрешности: $\pm 0,05$ %; тип присоединения: резьба наружная M20x1,5; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь;

- дистанционный контроль температуры подшипников: термопреобразователь сопротивления платиновый; количество чувствительных элементов: 1; схема соединения: четырехпроводная; класс допуска: В; тип присоединения: резьба наружная M12x1,5; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65;

- дистанционная сигнализация уровня: сигнализатор уровня; тип зонда: вибрационная вилка; тип присоединения: резьбовое; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка;

- непрерывный вибрационный контроль и вибродиагностика: пьезоэлектрический преобразователь с выносным согласующим усилителем (вибро-

преобразователь); степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь;

- дистанционный контроль загазованности: датчик загазованности оптический; выходной сигнал: 4...20 мА с цифровым сигналом по протоколу HART; предел допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 5\%$; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь;

- местное световое и светозвуковое оповещение: световой и светозвуковой сигнализаторы; напряжение питания: 24VDC; степень защиты по ГОСТ 14254: не ниже IP65; маркировка взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка.

Исполнение датчиков выбирается исходя из следующих предпочтений:

- выходной сигнал: 4...20 мА / HART;
- присоединение к процессу: резьбовое;
- взрывозащищенное исполнение.

Оборудование, размещаемое во взрывоопасных зонах, должно иметь вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» или «взрывонепроницаемая оболочка» и уровень взрывозащиты не хуже, чем «взрывобезопасное электрооборудование».

Контроль и управления электроприводными задвижками и клапанами из АСУ ТП должен быть выполнен по интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU).

Управление насосными агрегатами должно быть выполнено с помощью дискретных сигналов 220VAC.

Все передаваемые в АСУ ТП и из нее сигналы должны иметь следующие параметры:

- аналоговые: 4...20 мА / HART;
- цифровые: по протоколу Modbus RTU;
- дискретные:
 - 1 «сухой контакт»; 3 24VDC.
 - 2 220VAC;

Монтаж приборов и преобразователей должен предусматриваться непосредственно на технологических трубопроводах или оборудовании с помощью закладных конструкций и отборных устройств. Для возможности монтажа датчиков давлений, без остановки технологического процесса, конструкцией отборного устройства должен быть предусмотрен вентиль.

Для обеспечения высокой надежности применять резервирование контроллеров.

Дополнительно, должны быть предусмотрены УЗИП, а также искробезопасные барьеры, для подключения датчиков, установленных во взрывоопасных зонах.

«Искробезопасные» цепи должны быть разделены с «искроопасными».

Второй уровень АСУ ТП должен быть представлен резервированным АРМ оператора, предназначенный для автоматизации следующих функций:

- 1 дистанционный контроль за: ходом ТП; состоянием технологического оборудования; состоянием средств КИПиА;
- 2 выполнение автоматического, дистанционного ручного управления технологическим оборудованием;
- 3 настройка параметров функционирования объекта;
- 4 ведение архива технологической информации;
- 5 изготовление печатных копий отчетов и сообщений АСУ ТП.

1.4.2 Требования к программному обеспечению

Прикладное программное обеспечение (ППО) контроллерного оборудования должно разрабатываться на стандартных языках программирования в соответствии с требованиями нормативного документа ИЕС (МЭК) 61131-3. Проектируемая АСУ ТП должна иметь полный набор аппаратного и программного обеспечения для создания и редактирования аппаратной конфигурации и баз данных системы. Загрузка измененных или созданных программ в отдельные узлы при работе системы должна осуществляться без нарушения ее работы.

Программное обеспечение АСУ ТП должно обеспечивать выполнение следующих функций:

- отображение на мнемосхемах АРМ оператора данных о состоянии оборудования и ходе технологического процесса;
- операции над переменными – их вычисление, масштабирование, линеаризация и т.д.;
- управление контурами регулирования;
- алгоритмы технологических защит и блокировок.

1.4.3 Требования к информационному обеспечению

Для обеспечения консервативности восприятия информации у оператора и выработки им рабочих навыков в системе должна быть предусмотрена иерархическая организация соответствующей технологической информации в естественной, привычной для технологического персонала форме:

- установка;
- технологический блок или участок;
- единица оборудования;
- параметр.

1.4.4 Требования к математическому обеспечению

Алгоритмы, входящие в состав математического обеспечения АСУ ТП, должны обладать полнотой и четкостью, а также предусматривать выполнение всех требуемых функций системы.

Под полнотой алгоритма следует понимать охват им всей совокупности вспомогательных процессов ТП и их отдельного взаимодействия друг с другом, под четкостью – охват всех возможных вариантов исхода возникающих в системе ситуаций и содержание конкретных действий для их предотвращения.

В рамках математического обеспечения должны быть разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритмы регулирования параметров вспомогательных процессов ТП;
- алгоритмы управления исполнительными механизмами и сигнализаторами;
- алгоритмы обработки сигналов.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание технологического процесса

Газожидкостная смесь от НГС поступает на ДНС через блок ручной запорной арматуры с ручными задвижками 27р, 29р, 48р, 50р.

Далее через запорно-регулирующую арматуру (ЗРА) смесь поступает в емкости сепарационные Е-1...3 (электроприводные задвижки 20э...22э соответственно).

В факельный коллектор высокого давления осуществляются аварийные сбросы газа из емкостей сепарационных Е-1...3 (электроприводные задвижки 36э, 38э, 40э соответственно).

В факельный коллектор низкого давления направляются сдувки из емкостей сепарационных Е-1...3 через пружинные предохранительные клапаны ППК-1...6 (по два на емкость соответственно).

Вода сбрасывается через из емкостей сепарационных Е-1...3 через ЗРА (электроприводные задвижки 48э...50э соответственно).

Дегазированная и обезвоженная нефть из емкостей сепарационных Е-1...3 через выходную ЗРА (электроприводные задвижки 45э, 43э, 41э соответственно) отправляется к насосным агрегатам Н-1...3.

С выходных линий емкостей сепарационных Е-1...3 предусмотрен слив дренажа в дренажную емкость ЕД через ручную запорную арматуру (задвижки 47р, 44р, 42р соответственно).

Для перелива смеси между емкостями сепарационными Е-1...3 предусмотрен арматурный блок с ручными задвижками 37р, 39р, 46р.

На входе насосных агрегатов Н-1...3 предусмотрена ЗРА 1э, 4э, 7э соответственно.

Слив дренажа из входных фильтров-отстойников ФО-1...3 предусмотрен через ЗРА 3э, 6э, 9э соответственно.

На выкиде насосных агрегатов Н-1...3 установлена ЗРА 2э, 5э, 8э соответственно, а также обратные клапаны КО-1...3 соответственно для предотвращения возникновения обратного потока жидкости.

Нефть откачивается насосами Н-1...3 в цех подготовки и перекачки нефти (ЦППН).

Предусмотрена откачка нефти на ЦППН через узел учета нефти (через ЗРА 10э). Также предусмотрена подача нефти из емкостей сепарационных Е-1...3 на ЦППН через УУН в обход насосов Н-1...3 и ЗРА 10э (через ЗРА 12э).

Принципиальная технологическая схема ДНС приведена в приложении А.

2.2 Выбор архитектуры и профиля АС

При разработке архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС следует обратить внимание на ее профиль. Профиль – это набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Методологической основой для разработки профиля АС выбрана модель OSE / RM, определяющая концептуальный базис и систематический подход к классификации интерфейсов и сервисов АС как открытой программно-технической системы.

Основными целями применения профилей при создании и применении АС являются:

- снижение трудоемкости, длительности, стоимости и улучшение других технико-экономических показателей проектов АС;
- повышение качества разрабатываемых или применяемых покупных компонентов и АС в целом при их разработке, приобретении, развитии и модернизации;
- обеспечение расширяемости АС по набору прикладных функций и масштабируемости в зависимости от размерности решаемых задач;
- обеспечение возможности функциональной интеграции в АС задач, ранее решавшихся отдельно;
- обеспечение переносимости прикладного программного обеспечения между разными аппаратно-программными платформами.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- профиль прикладного ПО;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В качестве различных профилей АС выбраны:

- профиль прикладного программного обеспечения (ППО) – SCADA-система Simple SCADA 2.0 (с обязательным интегрированным HMI);
- профиль среды АС – операционная система Windows 10;
- профиль защиты информации - включает в себя стандартные средства защиты Windows 10;
- профиль инструментальных средств – основан на использовании среды OpenPCS.

Концептуальная модель архитектуры OSE / RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда (полевой уровень) АС;
- платформа сервисов;
- ППО (верхний уровень).

Уровни взаимодействуют между собой посредством интерфейсов.

Концептуальная модель архитектуры OSE / RM представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Концептуальная OSE / RM модель ПО АС ДНС

Как видно из рисунка 1 эталонная модель является трехмерной. По вертикали в ней можно выделить следующие компоненты:

- приложение;
- платформу;
- внешнюю среду;
- интерфейс приложения с платформой;
- интерфейс платформы с внешней средой.

По горизонтали имеются следующие компоненты (функциональные области):

- службы операционной системы;
- службы интерфейса «человек-машина»;
- служба управления данными;
- служба обмена данными;
- служба машинной графики;
- служба сетевого управления.

К третьему измерению относятся:

- служба поддержки разработки ПО;
- службы защиты информации;

- интернационализация;
- служба поддержки распределенной системы.

Концептуальная эталонная OSE / RM-модель компьютеризированной среды управления технологическими процессами предусматривает выделение трех сущностей:

- ППО (SCADA, HMI, СУБД);
- прикладные платформы сервисов ПО;
- прикладные платформы внешнего окружения и интерфейсов между ними.

Наиболее актуальными архитектурами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой «клиент-сервер». Такими являются практически все современные SCADA-системы, использующие стандарты OPC.

Стандарты OPC – это стандарты подключаемости компонентов АС. Они разработаны с целью сокращения затрат на создание и сопровождение приложений промышленной автоматизации. Их применение решает вопросы обмена данными с устройствами разных производителей или по разным протоколам обмена данными.

Девиз OPC: открытые коммуникации по открытым протоколам. OPC – это набор спецификаций стандартов. Каждый стандарт описывает набор функций определенного назначения. Текущие стандарты:

- OPC DA (Data Access);
- OPC AE (Alarms & Events);
- OPC DX (Data eXchange);
- OPC HDA (Historical Data Access);
- OPC Security;
- OPC XML-DA.

На рисунке 2 приведена структура OPC взаимодействий в АС ДНС.

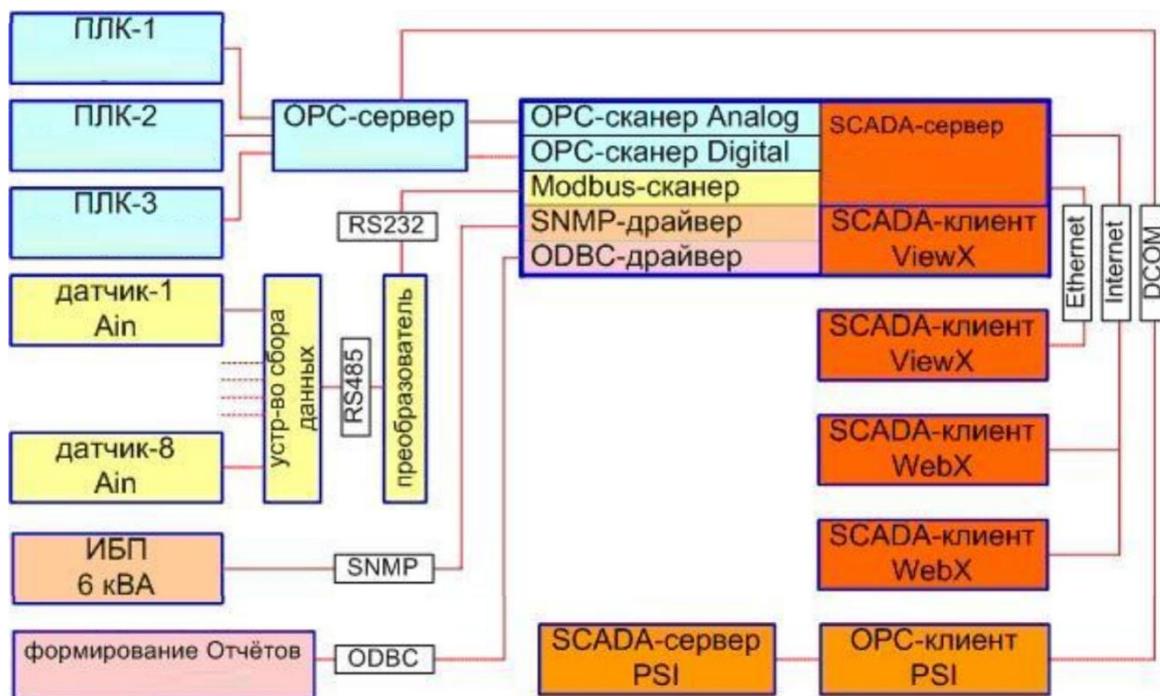


Рисунок 2 – Структура OPC взаимодействий

Профиль среды АС должен включать в себя стандарт протокола транспортного уровня Modbus, стандарты локальных сетей (стандарт Ethernet IEEE 802.3 или стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3 u), а также стандарты средств сопряжения проектируемой АС с сетями передачи данных общего назначения (в частности, RS-485, сети CAN, ProfiBus и др.).

Используемые информационные протоколы в рамках модели OSI:

- физический уровень: RS-232, RS-485;
- канальный уровень: Ethernet (семейство IEEE 802.3), ModBus;
- сетевой уровень: IPv4;
- транспортный уровень: TCP, HDCL.

Профиль защиты информации должен обеспечивать реализацию политики информационной безопасности. Функциональная область защиты информации включает в себя функции защиты, реализуемые разными компонентами АС:

- функции защиты, реализуемые операционной системой;
- функции защиты от несанкционированного доступа, реализуемые на уровне программного обеспечения промежуточного слоя;
- функции управления данными, реализуемые СУБД;

- функции защиты программных средств, включая средства защиты от вирусов;
- функции защиты информации при обмене данными в распределенных системах;
- функции администрирования средств безопасности.

Основополагающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ИТУ-Т) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций составляет профиль защиты информации в АС с учетом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели АС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации.

Профиль инструментальных средств, встроенных в АС, должен отражать решения по выбору методологии и технологии создания, сопровождения и развития конкретной АС. Функциональная область профиля инструментальных средств, встроенных в АС, охватывает функции централизованного управления и администрирования, связанные:

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением БД системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

2.3 Разработка схемы функциональной структуры

Структурная схема АСУ ТП построена по трехуровневому иерархическому принципу.

К нулевому уровню относятся:

- манометры;
- датчики избыточного давления;
- датчики дифференциального давления;
- термопреобразователи сопротивления;
- сигнализаторы уровня;
- вибропреобразователи;
- сигнализаторы снятия кожуха (концевые выключатели);
- датчики загазованности;
- световые и светозвуковые сигнализаторы;
- электроприводные задвижки.

На нулевом уровне обеспечиваются:

- первичные измерения технологических параметров;
- контроль состояния технологического оборудования;
- формирование световых и звуковых предупредительных и аварийных сигналов;
- формирование управляющих воздействий с помощью кнопок местного управления;
- передача значений технологических параметров и информации о состоянии оборудования на первый уровень системы;
- исполнение команд управления.

Первый уровень АСУ ТП представлен, построен на базе ПЛК.

Основной резервированный контроллер размещается в шкафу автоматики. В этом же шкафу на шасси установлена стойка расширения контроллера с коммуникационными модулями и модулями Modbus, а также стойка расширения контроллера с модулями ввода / вывода.

Связь резервированных контроллеров со стойками расширения осуществляется по резервированной (топология «кольцо») сети Ethernet. Для трансляции диагностических данных с датчиков на АРМ оператора, в контроллере используются аналоговые модули с поддержкой HART-протокола.

Для подключения датчиков, установленных во взрывоопасной зоне, с выходным сигналом 4...20 мА предусмотрены искробезопасные барьеры, поддерживающие передачу сигналов с HART-протоколом, устанавливаемые в объединительные платы.

В шкафу автоматики зажимы искробезопасных электрических цепей надёжно отделены от искроопасных. Электрический зазор между зажимами для присоединения искробезопасных и искроопасных цепей составляет не менее 50 мм, при этом, расположение зажимов и способ прокладки проводов исключает замыкания между искробезопасными и искроопасными цепями при обрыве или смещении проводника.

Защита интерфейса RS-485 от импульсных перенапряжений и помех осуществляется при помощи специальных УЗИП.

Контроль и управление электроприводными задвижками выполняется по интерфейсу RS-485 (Modbus RTU).

На первом уровне АСУ ТП выполняется:

- сбор и первичная обработка информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей;
- сбор и первичная обработка информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров;
- передача данных, поступающих от контроллеров, встроенных в блоки управления технологических агрегатов и установок;
- обмен информацией (прием и передача) со средним уровнем управления;
- управление технологическим процессом на основе собранной информации и команд, поступивших со среднего уровня управления от оператора-технолога;

- автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления;
- передача информации на верхний уровень управления.

Второй уровень АСУ ТП представлен АРМ оператора (основной и резервный), которые выполняют функции предоставления оператору необходимой информации и приема от него команд управления автоматизируемыми объектами.

АРМ оператора предоставляет персонализированный доступ к данным по любым функциональным задачам как в мнемографическом представлении (мнемосхемы, тренды, гистограммы и пр.), так и в табличном виде (сводки, рапорты, отчёты и т.д.).

Так же ко второму уровню АСУ ТП относится серверное оборудование. Сервера выполняют функции хранения, обработки и обмена информацией.

Резервирование сети Ethernet выполнено на физическом уровне посредством установки в серверной стойке отдельных коммутаторов. Также все АРМ оснащены дополнительной сетевой платой, позволяющей подключаться к резервированной сети Ethernet.

АРМ оператора связаны с контроллерами первого уровня посредством резервированной сети Ethernet, через серверную стойку.

Системное и прикладное программное обеспечение АРМ операторов включает:

- операционная система (лицензия);
- SCADA-система;
- база данных реального времени с функцией архивирования;
- средства антивирусной защиты;
- средства резервного копирования и восстановления систем.

На втором уровне АСУ ТП выполняется:

- сбор и концентрация информации от контроллеров и станций нижнего уровня управления;

- сбор и концентрация информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров от контроллеров и станций нижнего уровня управления;
- внутренняя обработка и хранение информации, формирование БД;
- индикация и регистрация информации;
- составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов;
- формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов;
- диагностика работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Схема функциональной структуры приведена в приложении Б.

2.4 Разработка схем автоматизации

Схемы автоматического контроля и управления предназначены для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

Схемы автоматизации являются техническими документами, определяющими функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На схемах автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок [1].

При разработке схем автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования;

– задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.

В данной работе схемы автоматизации разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

На схемах отображены автоматизируемые функции технологического процесса согласно п. 1.3.3.

Схемы автоматизации представлены в приложении В.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых и дискретных сигналов, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Таким образом, средний уровень может быть представлен маршрутизатором информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Эти сигналы передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в ЛВС в формате стандарта OPC, включают в себя:

- давление (МПа);
- перепад давления (МПа);
- загазованность (%);
- температура (°С);
- вибрация (мм/с).

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (тег), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

1	2		3	4		5
A	BB	_	CCC	DDD	_	E

Здесь:

1 Обозначение измеряемого параметра (согласно ГОСТ 21.208-2013 и ANSI/ISA-5.1).

2 Функциональный признак прибора (согласно ГОСТ 21.208-2013 и ANSI/ISA-5.1).

3 Код объекта (согласно позиции – см. табл. 1).

4 Позиционное обозначение прибора (согласно схемам автоматизации – см. приложение В).

5 Суффикс (при наличии).

Знак нижнего подчеркивания («_») в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе приведена в приложении Г.

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера КИС автоматически формируются различные виды отчетов в формате XML. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый час;

- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчет).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- сводка по текущему состоянию оборудования;
- сводка текущих измерений.

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определенной детальностью. Сохранение данных в БД происходит при помощи модуля (сервера) истории SCADA-пакета Simple SCADA 2.0.

Схема принципиальная информационных потоков приведена в приложении Д.

Для регуляризации информации в БД используются таблицы и поля записи. Поля записей канала (на примере канала контроля загазованности на площадке емкости дренажной ЕД) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав ДНС

Имя поля	Значение	Комментарий
code	AT_004401	Код канала
description	primary circuit / gas	Описание (первичная цепь / загазованность)
type	ai (exi)	Тип сигнала (аналоговый, искробезопасная цепь)
address	04_02	Адрес (модуль контроллера_ввод)
event code	0101	Код технологического события
alarm code	0102	Код аварии
sample (sec)	1	Интервал выборки (опроса)
raw value	6	Первичное значение
converted value	12,5	Преобразованное значение (%)
alarm state	no	Аварийное состояние (да / нет)
coefficient	6,25	Коэффициент преобразования
units	%	Единицы измерения
min	0	Минимальное значение
max	100	Максимальное значение

2.6 Выбор комплекса технических средств

Комплекс технических средств (КТС) АСУ ТП ДНС включает в себя:

- измерительные устройства;
- исполнительные механизмы;
- контроллерное оборудование;
- коммутационную аппаратуру;
- вспомогательное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование обрабатывает сигналы, поступающие с измерительных устройств, осуществляет алгоритмы управления и выполнение задач вычисления, выдает сигналы управления на исполнительные устройства.

Задачей выбора программно-технических средств (ПТС) реализации проекта является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

ПЛК предназначены для построения современных АСУ ТП и позволяют выполнять оперативное управление с использованием промышленных ЭВМ, автоматическое регулирование, программное управление, логическую защиту, блокировку, сигнализацию и регистрацию событий.

При выборе контроллерного оборудования были рассмотрены три варианта контроллеров, а именно:

- Allen Bradley 1756 ControlLogix (см. рис. 3);
- Schneider Electric Modicon Quantum (см. рис. 4);
- Siemens SIMATIC S7-300 (см. рис. 5).

Сравнительный анализ рассматриваемого контроллерного оборудования табл.3

Таблица 3 – Сравнительный анализ ПЛК			
Параметр	<i>Allen Bradley 1756 Control-Logix</i>	<i>Schneider Electric Modicon Quantum</i>	<i>Siemens SIMATIC S7-300</i>
Возможность диагностики подключенного оборудования	Полная поддержка	Частичная поддержка	Частичная поддержка
Обучение персонала	полная поддержка	возможность горячего резервирования	возможность горячего резервирования
Резервирование	полная поддержка	возможность горячего резервирования	возможность горячего резервирования
Стоимость комплекта, руб.	285 000	300000	343000

В соответствии с требованиями (см. п. 1.3) для реализации АСУ ТП был выбран Allen Bradley 1756 ControLogix (см. рис. 3). Дальнейший выбор составляющих системы осуществлялся в соответствии с требованиями таблицы (см. п. 1.4.1).



Рисунок 3 – Allen Bradley 1759 ControLogix



Рисунок 4 – Schneider Electric Modicon Quantum



Рисунок 5 – Siemens SIMATIC S7-300

Таким образом, в соответствии с требованиями пп. 1.3, 1.4.1 были выбраны следующие модули, входящие в состав ПЛК:

- модуль центрального процессора (ЦП) ControlLogix 1756-L62 (см. рис. 6);
- модуль источника питания (ИП) ControlLogix 1756-PA72 (см. рис. 7);
- шасси на 4 и 7 слотов ControlLogix 1756-A4 (см. рис. 8) и 1756-A7 (см. рис. 9) соответственно;
- модуль коммуникационный Ethernet ControlLogix 1756-EN2TR (см. рис. 10);
- модуль резервирования ControlLogix 1756-RM2 (см. рис. 11);
- модуль ввода дискретных сигналов ControlLogix 1756-IB32 (см. рис. 12);
- модуль вывода дискретных сигналов ControlLogix 1756-OB32 (см. рис. 13);
- модуль ввода аналоговых сигналов с поддержкой протокола HART ControlLogix 1756-IF16H (см. рис. 14);
- модуль коммуникационный RS-232/422/485 (Modbus) MVI56E-MCM (см. рис. 15).

В качестве устройства защиты от импульсных перенапряжений и помех (УЗИП) интерфейса RS-485 выбран УЗИП DTR 2/6/1500-L.

Для организации связи контроллерного оборудования с АРМ оператора выбрано компактные неуправляемые коммутаторы MOXA EDS-205 для монтажа на DIN-рейку.



Рисунок 6 – Модуль ЦП 1756-L62



Рисунок 7 – ИП 1756-PA72

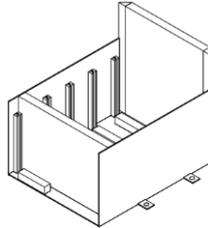


Рисунок 8 – Шасси 1756-A4

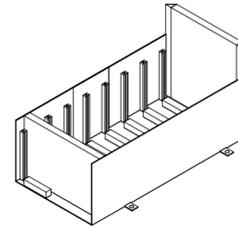


Рисунок 9 – Шасси 1756-A7



Рисунок 10 – Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR



Рисунок 11 – Модуль резервирования 1756-RM2



Рисунок 12 – Модуль DI 1756-IB32



Рисунок 13 – Модуль DO 1756-OB32



Рисунок 14 – Модуль AI 1756-IF16N



Рисунок 15 – Модуль коммуникационный RS-232/422/485 MVI56E-MCM

2.6.1.1 Модуль центрального процессора 1756-L62

Модуль центрального процессора предназначен непосредственно для контроля и управления ходом ТП. Внешний вид выбранного модуля ЦП приведен на рисунке 6. Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики модуля ЦП 1756-L62

Технические характеристики	Значение
Задачи контроллера	– 32 задачи; – 100 программ / задач; – задачи при событиях: все триггеры событий;
Встроенный порт	RS-232
Опции связи	– EtherNet/IP; – ControlNet; – DeviceNet; – Data Highway Plus; – Remote I/O; – SynchLink; – Third-party process and device networks
Количество соединений, макс.	250
Сетевые соединения (на один модуль)	256 Ethernet/IP; 128 TCP
Поддержка резервирования	полная
Языки программирования	LD; ST; FBD; SFC
Память: – программная – ввода / вывода	4 Мб 478 Кб
Количество входных / выходных каналов (не более): – всего – дискретных – аналоговых	128 000 128 000 4 000
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.2 Источник питания 1756-PA72

Источники питания предназначены для подачи электрической энергии в шасси контроллера. Внешний вид выбранного источника питания приведен на рисунке 7. Технические характеристики источника питания приведены в таблице 5

Таблица 5 – Технические характеристики ИП 1756-РА72

Технические характеристики	Значение
Входное напряжение: – диапазон, VAC – номинальное, VAC – частота, Гц	85 ... 265 120 / 240 47 ... 63
Мощность (не более): – входная – выходная	100 В·А / 100 Вт 75 Вт @ 0 ... + 60 °С
Пусковой ток, А	20
Значения тока, А	1,5 @ 1,2 VDC 4 @ 3,3 VDC 10 @ 5,1 VDC 2,8 @ 24 VDC
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.3 Шасси 1756-A4, 1756-A7

Шасси предназначено для организации высокоскоростного канала связи и распределения питающего напряжения (мощности) между подключенными в шасси модулями. Внешний вид шасси 1756-A4 и 1756-A7 показан на рисунках 8 и 9 соответственно. Технические характеристики шасси указаны в таблице 6 [2, 5].

Таблица 6 – Технические характеристики шасси 1756-A4 и 1756-F7

Технические характеристики	Значение
Количество слотов, шт.:	
– 1756-A4	4
– 1756-A7	7
Рассеиваемая мощность (не более), Вт:	
– 1756-A4	4
– 1756-A7	4,5
Распределяемый ток, А:	
– шасси / слот @ 1,2 VDC	1,5 / —
– шасси / слот @ 3,3 VDC	4 / 4
– шасси / слот @ 5,1 VDC	10 / 6
– шасси / слот @ 24 VDC	2,8 / 2,8
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.4 Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR

Коммуникационный модуль Ethernet предназначен для маршрутизации и обмена данными между контроллерным оборудованием и стойками расширения контроллера, а также для организации связи между первым и вторым уровнями АСУ ТП.

В соответствии с требованиями п. 1.4.1, а также разработанной структурной схемой (см. п. 2.3) выбранные коммуникационные модули используются для:

- подключения стоек расширения к стойкам ЦП по топологии "кольцо";
- подключения стоек ЦП к оборудованию связи.

Внешний вид коммуникационного модуля Ethernet 1756-EN2TR показан на рисунке 10. Технические характеристики модуля приведены в таблице 7 [7].
Таблица 7 – Технические характеристики коммуникационного модуля 1756-EN2TR

Технические характеристики	Значение
Скорость соединения, Мбит / с	10 / 100
Ток потребления, А	1
Рассеиваемая мощность, Вт	5,1
Напряжение изоляции, В	30 (продолж.)
Количество портов	– 2 Ethernet RJ45 Cat.5; – USB 1.1 (12 Мбит / с)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.5 Модуль резервирования 1756-RM2

Модуль резервирования предназначен для синхронизации резервированных ЦП по оптической линии связи согласно требованиям п. 1.4.1 и разработанной структурной схеме (см. п. 2.3). Внешний вид модуля резервирования 1756-RM2 представлен на рисунке 11.

Технические характеристики модуля аналогичны обычному коммуникационному модулю Ethernet 1756-EN2TR (см. табл. 7). Отличие заключается в наличии у модулей резервирования специальной логики, позволяющей обеспе-

чить непрерывное функционирование системы в случае возникновения таких событий, как отказ основного контроллера.

2.6.1.6 Модуль ввода дискретных сигналов 1756-IB32

Модуль ввода дискретных сигналов предназначен для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы и переменные. Внешний вид модуля ввода дискретных сигналов 1756-IB32 показан на рисунке 12. Технические характеристики модуля приведены в таблице 8 [6, 11].

Таблица 8 – Технические характеристики модуля ввода дискретных сигналов 1756-IB32

Технические характеристики	Значение
Количество вводов	32 (16 точек / общих)
Напряжение, VDC:	
– диапазон	10 ... 31,2
– номинальное	24
Рассеиваемая мощность, Вт	6,2 @ + 60 °С
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Задержка переключения, мс (не более):	
– из лог. "0" в лог. "1"	2,38
– из лог. "1" в лог. "0"	18,42
Цикл опроса, мс	0,2 ... 750
Защита от перемены полярности	да
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.7 Модуль вывода дискретных сигналов 1756-OB32

Модуль вывода дискретных сигналов предназначен для преобразования внутренних логических сигналов и переменных контроллера в его выходные дискретные сигналы. Внешний вид модуля вывода дискретных сигналов 1756-OB32 показан на рисунке 13. Технические характеристики модуля приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики модуля вывода дискретных сигналов 1756-OB32

Технические характеристики	Значение
Количество выводов	32 (16 точек / общих)
Выходное напряжение, VDC:	
– диапазон	10 ... 31,2

Технические характеристики	Значение
– номинальное	24
Ток, А (не более):	
– на точку	0,5 @ + 50 °С
– на модуль	16 @ + 50 °С
Рассеиваемая мощность, Вт	4,8 @ + 60 °С
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Задержка переключения, мс (не более):	
– из лог. "0" в лог. "1"	1 / 0,06 ном.
– из лог. "1" в лог. "0"	1 / 0,2 ном.
Цикл опроса, мс	0,2 ... 750
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.8 Модуль ввода аналоговых сигналов 1756-IF16Н

Модуль ввода аналоговых сигналов предназначен для аналого-цифрового преобразования входных аналоговых сигналов контроллера и формирования цифровых величин, используемых центральным процессором в ходе выполнения программы. Внешний вид модуля ввода аналоговых сигналов показан на рисунке 14. Технические характеристики модуля приведены в таблице 10 [6, 12].

Таблица 10 – Технические характеристики модуля ввода аналоговых сигналов 1756-IF16Н

Технические характеристики	Значение
Количество вводов	16 / 1 HART-модем на модуль
Диапазон входного тока	0 ... 20 мА; 4 ... 20 мА
Разрешающая способность	16 ... 21 бит
Входное сопротивление	> 1 МОм – по напряжению 249 Ом – по току
Защита от перенапряжения	30 VDC – по напряжению 8 VDC – по току
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.9 Модуль коммуникационный RS-232/422/485 MVI56E-MCM

Коммуникационный модуль RS-232/422/485 предназначен для организации связи и обмена входными / выходными сигналами по стандартному промышленному интерфейсу между контроллерным и полевым оборудованием.

Внешний вид модуля коммуникационного RS-232/422/485 MVI56E-MCM показан на рисунке 15. Технические характеристики приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики коммуникационного модуля RS-232/422/485 MVI56E-MCM

Технические характеристики	Значение
Количество вводов	16 / 1 HART-модем на модуль
Диапазон входного тока	0 ... 20 мА; 4 ... 20 мА
Разрешающая способность	16 ... 21 бит
Входное сопротивление	> 1 МОм – по напряжению 249 Ом – по току
Защита от перенапряжения	30 VDC – по напряжению 8 VDC – по току
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.2 Выбор полевого оборудования

Выбор полевого оборудования осуществлялся в соответствии с требованиями пп. 1.3.3, 1.4.1. В процессе выбора оборудования были множество вендоров, производящих различные типы оборудования (манометры, датчики давления и др.) в результате чего были подобраны максимально удовлетворяющие выдвинутым требованиям приборы.

2.6.2.1 Манометр WIKA PG23LT

Среди манометров были рассмотрены следующие виды:

- РОСМА;
- WIKA PG23LT;
- ФизТех.

Выбран манометр WIKA в соответствии с ТЗ п. 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5.

Манометр WIKA PG23LT (см. рис. 16) с трубкой Бурдона предназначен для измерения и местной индикации давления невязких, жидких некристаллизующихся и газообразных сред.



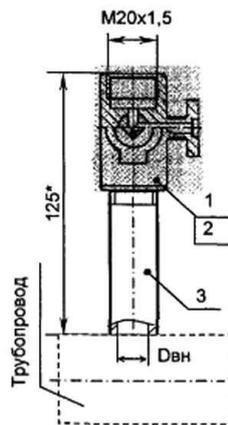
Рисунок 16 – Манометр WIKI PG23LT

Технические характеристики выбранных манометров приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики манометра WIKI PG23LT

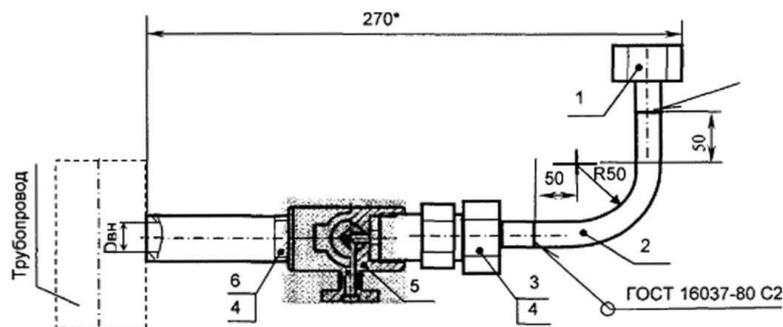
Технические характеристики	Значение
Измерительная система	трубка Бурдона
Номинальный размер	160 мм
Диапазон измерений	от 0 ... 0,6 до 0 ... 1000 бар
Предельное давление	диапазон измерений
– постоянное	0,9 · диапазона измерений
– переменное	1,3 · диапазона измерений
– кратковременное	
Допустимая температура	
– окружающая	– 70 ... + 60 °С
– измеряемой среды	не более + 100 °С
Класс точности	1,5
Степень пылевлагозащиты	IP66 / IP67
Присоединение к процессу	M20x1,5
Материалы:	
– чувствительный элемент	нержавеющая сталь
– механизм	нержавеющая сталь
– корпус	нержавеющая сталь
– стекло	ламинированное, безопасное
– кольцо	байонетное, нержавеющая сталь
– гидрозаполнение	силиконовое масло

Для крепления манометров на горизонтальных и вертикальных трубопроводах, а также на крышках и стенках аппаратов предлагается использование закладных конструкций ЗК14-2-1-2009 (см. рис. 17) и ЗК14-2-7-2009 (см. рис. 18) соответственно.



1 – клапан КТН 1,6; 2 – прокладка ПМ18x7, 3 – штуцер ШцМ20x1,5

Рисунок 17 – ЗК14-2-1-2009



1 – соединение НСН14xM20; 2 – труба 14x2 (l = 180 мм); 3 – соединение НСВ14xM20; 4 – прокладка ПП18x10;
5 – клапан КТН 1,6; 6 – штуцер ШцМ20x1,5

Рисунок 18 – ЗК14-2-7-2009

2.6.2.2 Датчик избыточного давления Метран-150CG

Среди датчиков избыточного давления рассмотрены следующие виды:

- Метран-150;
- Rosemount 3051;
- Yokogawa EJX-A.

Среди рассмотренных вариантов выбраны датчики давления Метран-150. Они удовлетворяют заданным требованиям по техническому заданию, также экономический эффект намного лучше, чем у рассмотренных остальных.

Датчик избыточного давления Метран-150CG (см. рис. 19) предназначен для преобразования избыточного давления рабочих сред: жидкости, пара, газа в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал на базе HART-протокола.



Рисунок 19 – Метран-150CG

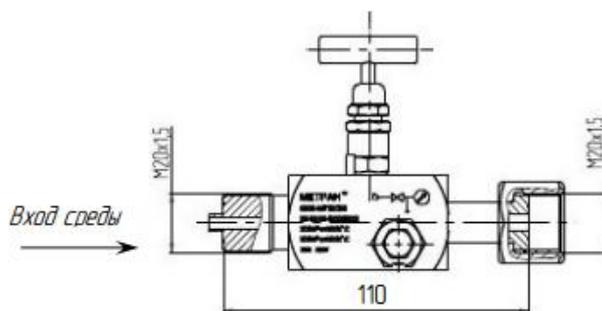


Рисунок 20 – Клапанный блок

Установку датчиков давления на трубопроводы и технологические аппараты предлагается осуществлять с помощью клапанных блоков 0106MT12CB1 (см. рис. 20)

Технические характеристики датчика избыточного давления и клапанного блока приведены в таблице Таблица 13.

Таблица 13 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Датчик избыточного давления Метран-150CG	
Диапазон измерений	-97,85 кПа ... 1,6 МПа
Заполняющая жидкость	силикон
Наличие ЖКИ	нет
Тип присоединения к клапанному блоку	резьба наружная М20х1,5
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5
Температура окружающей среды, °С	- 40 ... + 80
Степень пылевлагозащиты	IP66
Допускаемая относительная погрешность	не более ± 0,05 %
Выходной сигнал	4 ... 20 мА / HART
Клапанный блок 0106MT12CB1	
Тип блока	запорно-сравливающий
Материал	нержавеющая сталь
Уплотнение	фторопласт (PTFE)
Подключение:	
– к датчику	гайка накидная М20х1,5
– к процессу	резьба наружная М20х1,5

2.6.2.3 Термопреобразователь сопротивления Метран-2000

Среди датчиков температуры рассмотрены следующие варианты:

- Метран-2000;
- ОВЕН ДТС.И;

- Yokogawa YTA.

По технико-экономическим показателям выбран датчик температуры Метран-2000.

Термопреобразователь сопротивления (ТС) Метран-2000 (см. рис. 21) предназначен для измерения температуры малогабаритных подшипников и поверхности твердых тел.

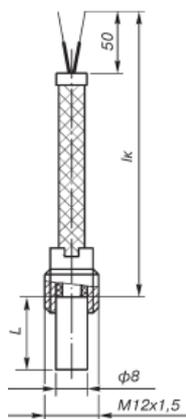


Рисунок 21 – ТСП Метран-2000

Основные технические характеристики ТСП Метран-2000 приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики ТСП Метран-2000

Технические характеристики	Значение
Тип НСХ	Pt100
Диапазон измерений, °С	- 50 ... + 120
Класс допуска	В
Схема соединения	четырёхпроводное
Количество чувствительных элементов	1
Исполнение	подшипниковый ТС в гильзе Ø 8 мм
Тип присоединения к процессу	резьба наружная M12x1,5
Маркировка взрывозащиты	1ExdIICT6 X
Температура окружающей среды, °С	- 40 ... + 60
Степень пылевлагозащиты	IP65

2.6.2.4 Вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120

Вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120 (см. рис. 22) предназначен для контроля уровня практически любых жидкостей.



Рисунок 22 – Вибрационный сигнализатор уровня Rosemount 2120

Основные технические характеристики сигнализатора уровня приведены в таблице 15 [21].

Таблица 15 – Технические характеристики сигнализатора уровня Rosemount 2120

Технические характеристики	Значение
Тип зонда	вибрационная вилка
Температура окружающей среды	– 40 ... + 70
Тип присоединения к процессу	резьбовое
Маркировка взрывозащиты	2ExdIICT6
Степень пылевлагозащиты	IP66 / IP67

2.6.2.5 Вибропреобразователь ВК-310С

Вибропреобразователь ВК-310С (см. рис. 23) представляет собой пьезоэлектрические акселерометры с согласующими усилителями и предназначены для применения в составе аппаратуры непрерывного вибрационного контроля, защиты и вибродиагностики турбоагрегатов, питательных насосов двигателей нефтеперекачивающих и газокompрессорных станций, вибродиагностики электрических станций и других объектов [22].



Рисунок 23 – Вибропреобразователь ВК-310С

Основные технические характеристики вибропреобразователя приведены в таблице 16 [22].

Таблица 16 – Технические характеристики вибропреобразователя ВК-310С

Технические характеристики	Значение
Диапазон измерений, мм / с	0,1 ... 30
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 80
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5 X
Степень пылевлагозащиты	IP65
Выходной сигнал	4 ... 20 мА

2.6.2.6 Газоанализатор ИДК-09

Газоанализаторы ИДК-09 (см. рис. 24) предназначены для измерений дозврывоопасных концентраций метана, пропана, гексана и объемной доли диоксида углерода в воздухе рабочей зоны. [23].



Рисунок 24 – Газоанализатор ИДК-09 Рисунок 25 – Блок искрозащиты БИЗ-09

Для формирования питания и обеспечения искробезопасности цепей ИДК-09 используется блок искрозащиты БИЗ-09 (см. рис. 25) [23].

Основные технические характеристики газоанализатора и блока искрозащиты приведены в таблице 17 [23].

Таблица 17 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Газоанализатор ИДК-09	
Диапазон измерений, % НКПР	0 ... 100
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 50
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности	± 5 %
Маркировка взрывозащиты	1ExiaIICT4 X
Степень пылевлагозащиты	IP65
Выходной сигнал	4 ... 20 мА / HART
Блок искрозащиты БИЗ-09	
Маркировка взрывозащиты	[Exia] IIС
Степень пылевлагозащиты	IP20

2.6.2.7 Световые и светозвуковые сигнализаторы

Сигнализаторы световые ВС-5-С (см. рис. 26) и светозвуковые ВС-5 (см. рис. 27) предназначены для светового и светозвукового оповещения и привле-

чения внимания персонала в случае возникновения аварийной или иной ситуации соответственно.



Рисунок 26 – Сигнализатор световой BC-5-C



Рисунок 27 – Сигнализатор светозвуковой BC-5

Технические характеристики сигнализаторов приведены в таблице 18 [24].

Таблица 18 – Технические характеристики сигнализаторов

Технические характеристики	Значение
Напряжение питания, VDC	20 ... 28
Потребляемый ток, mA (не более):	
– световой сигнализатор BC-5-C	60
– светозвуковой сигнализатор BC-5	210
Сила света, мкд (не менее)	1 000
Угол обзора, ° (не менее)	120
Звук (только для BC-5):	
– уровень, дБА / м (не менее)	100; 94
– частота, Гц	1 500 ... 4 000
Температура окружающей среды, °C	– 50 ... + 60
Маркировка взрывозащиты	1ExsIIT3
Степень пылевлагозащиты	IP67

2.6.3 Выбор исполнительных устройств

2.6.3.1 Электропривод AUMA

Многооборотные электроприводы AUMA SAExC 07.1 с блоком управления AUMATIC ACExС 01.1 (см. рис. 28) предназначены для управления про-

мышленной арматурой, например, вентилями, задвижками, заслонками или кранами.



Рисунок 28 – Электропривод AUMA SAExC 07.1 с БУ AUMATIC ACEXС 1.01

Технические характеристики электропривода с блоком управления приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики электропривода AUMA SAExC 07.1 с блоком управления AUMATIC ACEXС 1.01

Технические характеристики	Значение
Взрывозащита	II2G EEx de ПС Т4
Режим работы	кратковременный
Блок конечных выключателей	1 НО + 1 НЗ
Блок моментных выключателей	1 НО + 1НЗ
Ручной дублер	да
Внешнее питание электроники	24 VDC
Управление	RS-485 / Modbus RTU
Степень пылевлагозащиты	IP67
Температура окружающей среды, °С	- 40 ... + 40

2.6.4 Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации».

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления.

Требование к погрешности канала измерения не более $\pm 0,05 \%$. Разрядность АЦП составляет 16 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерений датчика давления производится по формуле (1):

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2)}, \quad (1)$$

где $\delta = 0,25\%$ – требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

δ_2 – погрешность передачи по каналу измерений;

δ_3 – погрешность, вносимая АЦП;

δ_4, δ_5 – дополнительные погрешности, вносимые температурой окружающего воздуха и продолжительностью эксплуатации соответственно.

Погрешность передачи по каналу измерений согласно рекомендаций РМГ 62-20003 [26]:

$$\delta_2 = \frac{0,25 \cdot 43}{100} = 0,1075. \quad (2)$$

Погрешность, вносимая 16-тиразрядным АЦП, рассчитывается по формуле (3):

$$\delta_3 = \frac{0,25 \cdot 100}{2^{16}} = 0,0004. \quad (3)$$

При расчете также учитываются дополнительные погрешности, вызываемые влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- продолжительности эксплуатации.

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием температуры окружающего воздуха, устанавливается рекомендациями РМГ 62-2003 [26]:

$$\delta_4 = \frac{0,25 \cdot 26}{100} = 0,065. \quad (4)$$

Дополнительная погрешность, вносимая продолжительностью эксплуатации, устанавливается рекомендациями РМГ 62-2003 [26]:

$$\delta_5 = \frac{0,25 \cdot 19}{100} = 0,0475. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью формулы (1) с учетом результатов расчетов (2) ... (5) определим расчетную величину основной погрешности канала измерения давления:

$$\delta_1 \leq \sqrt{0,25^2 - (0,1075^2 + 0,0004^2 + 0,065^2 + 0,0475^2)} = 0,2161. \quad (6)$$

Как видно по результатам расчетов (6), расчетная основная погрешность выбранного канала не превышает допустимой погрешности. Следовательно, требования ТЗ соблюдены, и прибор пригоден для использования.

2.7 Разработка схем соединений внешних проводок

Схемы соединений внешних проводок разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408-2013. Схемы внешних проводок разрабатывались для следующего комплекса технических средств:

- 1 первичные и внешитовые приборы:
 - манометры WIKA PG23LT;
 - датчики избыточного давления Метран-150CG;
 - термопреобразователи сопротивления Метран-2000;
 - вибрационные сигнализаторы уровня жидкости Rosemount 2120;
 - вибропреобразователи ВК-310С;
 - газоанализаторы ИДК-09;
- 2 исполнительные устройства и механизмы
 - световые сигнализаторы ВС-5-С;
 - светозвуковые сигнализаторы ВС-5;
 - электроприводы АУМА.

Согласно схемам соединений внешних проводок (см. приложение Е) для обмена информацией между полевым и контроллерным уровнем используются три типа кабелей:

- тип А 4x1,0;
- тип В 4x1,0;
- тип С 2x2x0,78.

Кабели типа А используются для прокладки искробезопасных и искроопасных аналоговых цепей (4-20 мА / HART). В качестве кабеля типа А выбран кабель КВВГЭнг(А)-LS (см. рис. 29).

Кабели типа В используются для прокладки дискретных цепей (24DVC). В качестве кабеля типа В выбран кабель КВВГнг(А)-LS (см. рис. 30).

Кабели типа С используются для прокладки интерфейсных цепей (RS-485 / Modbus RTU). В качестве кабеля типа С выбран кабель КИПвЭВнг(А)-LS (см. рис. 31).



Рисунок 29 – Кабель КВВГЭнг(А)-LS Рисунок 30 – Кабель КВВГнг(А)-LS



Рисунок 31 – Кабель КИПвЭВнг(А)-LS

Кабели контрольные с медными жилами с изоляцией из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката и оболочкой из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести, экранированные КВВГЭнг(А)-LS предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 0,66 кВ частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1 кВ.

Кабели контрольные с медными жилами с изоляцией из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката и оболочкой из холодостойкого поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести КВВГнг(А)-LS предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным пе-

ременным напряжением до 0,66 кВ частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1 кВ.

Кабели симметричные парной скрутки с медными жилами с изоляцией из пористого полиэтилена в общем экране из алюмолавсанвой ленты с оболочкой из поливинилхлоридного пластика пониженной пожароопасности, с низким дымо- и газовыделением КИПвЭВнг(А)-LS предназначены для групповой стационарной прокладки в системах распределённого сбора данных, использующих промышленный интерфейс RS-485.

Технические характеристики кабельной продукции приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики кабельной продукции

Технические характеристики	Значение
Кабель КВВГЭнг(А)-LS 4x1,0	
Диапазон эксплуатационных температур, °С	– 50 ... + 50
Номинальная толщина изоляции жил, мм	0,6
Электрическое сопротивление изоляции жил при температуре + 20 °С, МОм / 1 км (не менее)	10
Наружный диаметр кабеля, мм	7,9
Минимальный радиус изгиба кабеля при прокладке, мм	47,4
Масса 1 км кабеля, кг	120
Срок службы, лет (не менее)	15
Кабель КВВГнг(А)-LS 4x1,0	
Диапазон эксплуатационных температур, °С	– 50 ... + 50
Номинальная толщина изоляции жил, мм	0,6
Электрическое сопротивление изоляции жил при температуре + 20 °С, МОм / 1 км (не менее)	10
Наружный диаметр кабеля, мм	7,6
Минимальный радиус изгиба кабеля при прокладке, мм	45,6
Масса 1 км кабеля, кг	108
Срок службы, лет (не менее)	15
Кабель КИПвЭВнг(А)-LS	
Диапазон эксплуатационных температур, °С	– 50 ... + 70
Электрическое сопротивление жил постоянному току при температуре + 20 °С, Ом / 100 м (не более)	5,9
Асимметрия электрического сопротивления постоянному току проводников в паре, не более, %	3
Волновое сопротивление на частоте 1 МГц, Ом	120 ± 12
Электрическая емкость пары, не более, пФ/м	42
Коэффициент затухания при частоте 1 МГц при темпе-	1,65

Таблица 20 – Технические характеристики кабельной продукции

Технические характеристики	Значение
ратуре + 20 °С, дБ / 100 м (не более)	
Наружный диаметр кабеля, не более, мм	10,6
Минимальный радиус изгиба кабеля при прокладке, мм	106
Кабель КИПвЭВнг(А)-LS	
Расчетная масса 1 км кабеля, кг	117,6
Срок службы, не менее, лет	30

Схемы соединений внешних проводок АСУ ТП ДНС приведены в приложении Е.

2.8 Разработка алгоритмов управления

Данный раздел предусматривает собой текстовое, графическое и табличное описание функций АСУ ТП, которые реализуются в программном обеспечении среднего уровня (ПО ПЛК):

- сбор информации о текущем состоянии технологического процесса;
- обработка технологических параметров;
- контроль состояния технологического оборудования;
- автоматическое управление ТП, в т.ч. аварийные блокировки и защиты;
- обработка и выполнение команд оператора.

Алгоритм контроля и управления АСУ ТП имеет иерархическую модульную структуру, где каждый алгоритмический модуль является отдельным, функционально законченным элементом алгоритма:

- 1-й уровень: модули контроля состояния и управления элементарными объектами и модули обработки технологических параметров;
- 2-й уровень: модули контроля технологических параметров и аварийной защиты и блокировок элементарных объектов;
- 3-й уровень: модули контроля состояния и аварийной защиты и блокировок технологических подсистем.

Алгоритм выполняется циклически. Все алгоритмические модули выполняются один раз за цикл.

Приведенные алгоритмические модули в качестве входной / выходной информации используют типы данных, указанные в таблице 21.

Таблица 21 – Типы данных

Размер	Тип	Описание
1 бит	BOOL	Логическая переменная, принимающая значения 0 или 1
8 бит	BYTE	Последовательность из 8 бит
16 бит	WORD	Последовательность из 16 бит
16 бит	INT	Целое число из диапазона – 32 768 ... 32 767
32 бита	REAL	Вещественное число из диапазона – $3,4 \cdot 10^{38}$... $+ 3,4 \cdot 10^{38}$
32 бита	DWORD	Последовательность из 32 битов

Нумерация отдельных битов в слове (WORD, DWORD) производится с учетом следующих соглашений:

- наименее значимый бит имеет номер 0;
- номер бита увеличивается по направлению к более значимому.

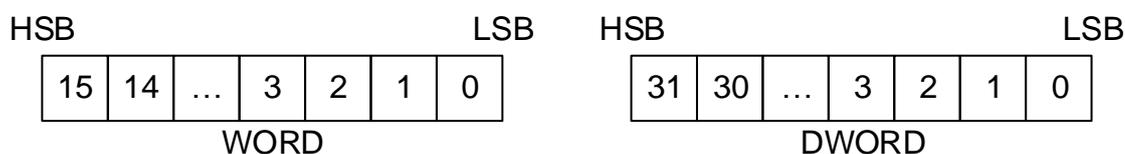


Рисунок 32 – Структура представления данных

Числа в двоичной системе счисления записываются с суффиксом 0b. Числа в десятичной системе счисления записываются без префикса и суффикса. Числа в шестнадцатеричной системе счисления записываются с префиксом 0x.

При необходимости формирования оперативного сообщения, контроллер устанавливает бит в соответствующем разряде таблицы сообщений. Бит сбрасывается ПО АРМ оператора при квитировании. Сообщение формируется ПО АРМ при переходе соответствующего бита таблицы из «0» в «1».

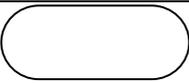
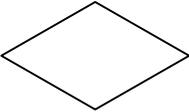
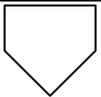
Аварийные сообщения сопровождаются звуковой сигнализацией в операторной. Команда на включение акустического элемента формируется непосредственно при возникновении аварийной ситуации и снимается при квитиро-

вании. Эта процедура считается стандартной для всех аварийных сообщений и в алгоритме не описывается.

Действующим значением бита дискретной переменной, не являющейся полевым сигналом, считается логическая единица.

При представлении алгоритмов в виде блок-схем использованы элементы, приведенные в таблице 22.

Таблица 22 – Элементы блок-схем

Элемент	Описание
	Терминатор (точка начала выполнения – входа / точка завершения выполнения – выхода)
	Проверка условия (выражение может быть построено с использованием побитовых логических операций)
	Процесс присвоения значения (значение может быть переменной или выражением, построенным с использованием арифметических или побитовых логических операций)
	Предопределенный процесс
	Данные оперативного сообщения (информационного, предупредительного или аварийного)
	Перенаправление / назначение перенаправления на текущей странице схемы
	Перенаправление на следующий лист схемы
	Назначение перенаправления с предыдущего листа схемы

Разрабатываемые алгоритмы применимы для обработки сигналов, приведенных в приложении Г.

2.8.1 Обработка входного дискретного сигнала

Алгоритмический модуль предназначен для:

- установки режимов обработки и замены входного дискретного сигнала;
- обработки сигнала в различных режимах.

Активным уровнем входного дискретного сигнала может быть лог. «0» или лог. «1». В результате выполнения модуля формируется выходной сигнал-дубликат с активным уровнем лог. «1».

Предусматриваются следующие особые режимы обработки:

- режим имитации;
- режим маскирования.

Значение выходного сигнала в каждом из этих режимов задается оператором. Отличие режимов заключается в том, что в режиме имитации выходной сигнал считается достоверным. Режимы могут быть совмещены, при этом режим имитации имеет более высокий приоритет.

Входные / выходные данные алгоритмического модуля приведены в таблицах 23 и 24 соответственно.

Таблица 23 – Входные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
{sig1}_isi_{sig2}	{сигнал}. Необработанное значение	BOOL	—	0
{sig1}_isc_{sig2}	{сигнал}. Регистр команд	BYTE	—	0x0000
.MsV	Значение сигнала в режиме маскирования	—	4	—
.ImV	Значение сигнала в режиме имитации	—	3	—
.ctrm_Inv	Включить инвертирование сигнала	—	2	—
.ctrm_Mask	Установить режим маскирования	—	1	—
.ctrm_Imit	Установить режим имитации	—	0	—

где – {sig1} и {sig2} – символьное обозначение сигнала;

– {сигнал} – текстовое описание сигнала.

Таблица 24 – Выходные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
{sig1}_is_{sig2}	{сигнал}	BOOL	—	0
{sig1}_iss_{sig2}	{сигнал}. Регистр состояния	BYTE	—	0x0000
.is_Inv	Включено инвертирование сигнала	—	2	—
.is_Mask	Установлен режим маскирования	—	1	—
.is_Imit	Установлен режим имитации	—	0	—

где – {sig1} и {sig2} – символьное обозначение сигнала;

– {сигнал} – текстовое описание сигнала.

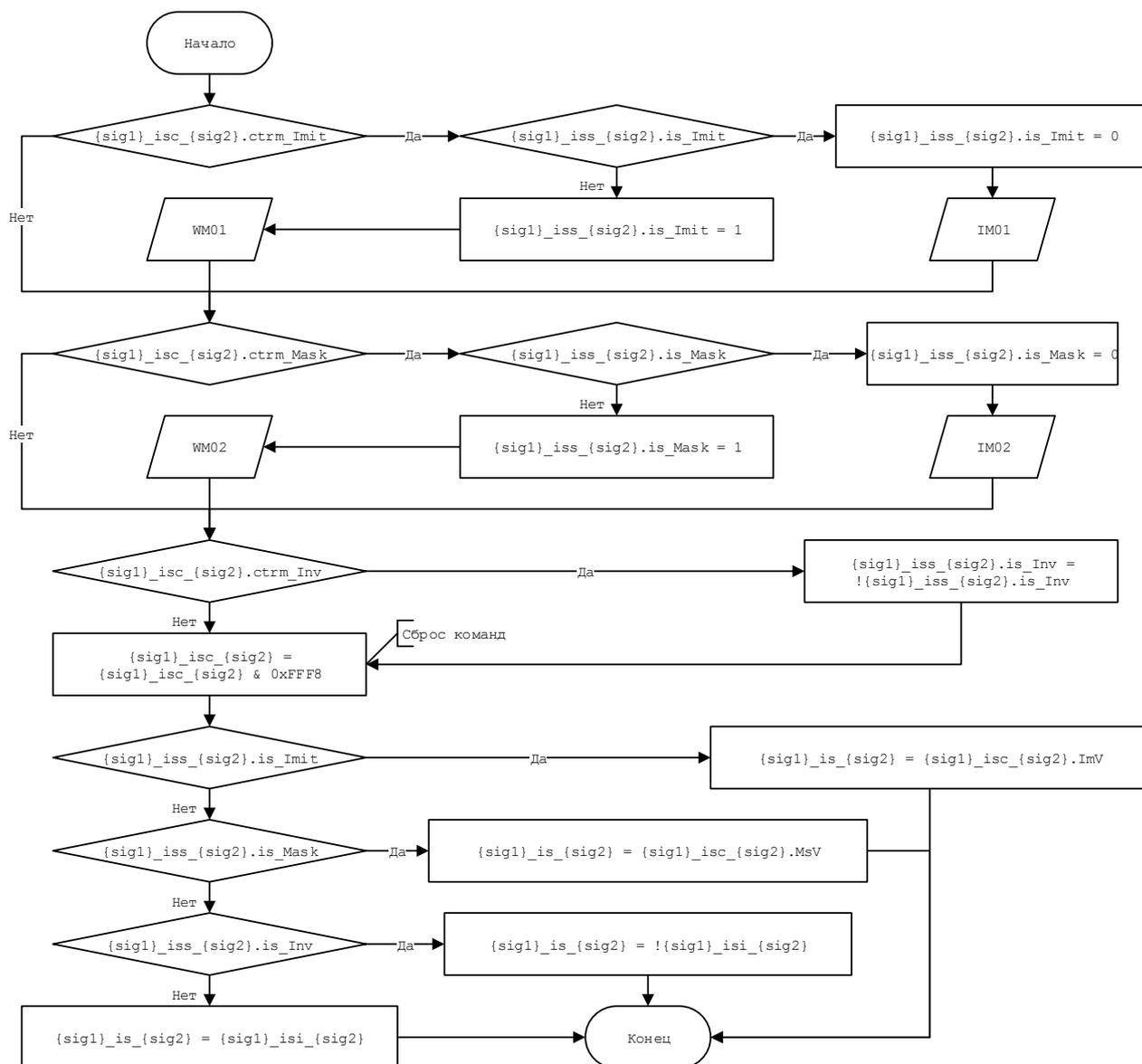


Рисунок 33 – Алгоритм обработки входного дискретного сигнала

2.8.2 Обработка дискретного выходного сигнала

Алгоритм применяется для обработки выходных дискретных сигналов.

Входные / выходные данные алгоритмического модуля приведены в таблицах 25 и 26 соответственно.

Таблица 25 – Входные данные алгоритма

Наименование	Тип	Обозначение
Значение программы контроллера	BOOL	DO
Включение режима имитации	BOOL	EN_MASK
Значение имитации	BOOL	MASK_DO

Таблица 26 – Выходные данные алгоритма

Наименование	Тип	Обозначение
Выходное значение	BOOL	SR

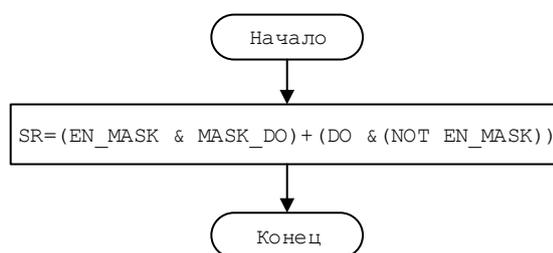


Рисунок 34 – Обработка дискретного выходного сигнала

2.8.3 Обработка входного аналогового сигнала

Алгоритмический модуль предназначен для:

- установки режимов обработки и замены входного аналогового сигнала;
- контроля выхода значения за пределы измерения;
- обработки сигнала в различных режимах;
- обработки сигнала при недостоверности;
- контроля допустимых и предельных значений параметра;
- пересчета.

Предусматриваются следующие особые режимы обработки:

- режим маскирования;
- режим имитации.

В режиме маскирования входной сигнал не контролируется, выходной сигнал принимает базовое значение (равноудаленное относительно уставок предельных значений).

В режиме имитации выходной сигнал принимает значение, заданное оператором. Режим имитации может быть совмещен с режимом маскирования, но имеет более высокий приоритет.

Недостоверность входного сигнала контролируется по признаку выхода за пределы измерения (Еггб), формируемому данным модулем.

При наличии вышеуказанного признака выходной сигнал принимает значение, зависящее от установленного режима замены (в случае отсутствия режимов маскирования и имитации).

Предусматривается семь взаимоисключающих режимов замены:

- режим замены на базовое значение;
- режим замены на максимальное предельное значение;
- режим замены на максимальное допустимое значение;
- режим замены на минимальное допустимое значение;
- режим замены на минимальное предельное значение;
- режим замены на последнее достоверное значение;
- режим без замены.

Входные / выходные данные алгоритмического модуля приведены в таблицах 27 и 28 соответственно.

Таблица 27 – Входные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
Вход с модуля				
{sig}	{сигнал}. Необработанный значение	INT	—	—
Вход с АРМ оператора				
{sig}_ai_H3	{сигнал}. Верхний предел измерения в единицах АЦП	INT	—	—
{sig}_ai_L3	{сигнал}. Нижний предел измерения в единицах АЦП	INT	—	—
{sig}_fl_H3	{сигнал}. Верхний предел измерения в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_fl_H2	{сигнал}. Уставка максимального аварийного значения в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_fl_H1	{сигнал}. Уставка максимального предельного значения в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_fl_L1	{сигнал}. Уставка минимального предельного значения в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_fl_L2	{сигнал}. Уставка минимального аварийного значения в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_fl_L3	{сигнал}. Нижний предел измерения в технических единицах	FLOAT	—	—
Вход с АРМ оператора				
{sig}_fl_ImV	{сигнал}. Имитируемое значение в технических единицах	FLOAT	—	0
{sig}_RC	{сигнал}. Регистр команд	WORD	—	0x0000

Таблица 27 – Входные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
.ctrm_Rd	Готово для обработки	—	15	—
.ctrm_Set	Установить режим настройки	—	14	—
.ctrm_Inv	Данное недостоверно	—	13	—
.ctrm_ErNS	Установить режим без замены	—	8	—
.ctrm_ErLV	Установить режим замены на последнее достоверное значение	—	7	—
.ctrm_ErL2	Установить режим замены на минимальное аварийное значение	—	6	—
.ctrm_ErL1	Установить режим замены на минимальное предельное значение	—	5	—
.ctrm_ErH1	Установить режим замены на максимальное предельное значение	—	4	—
.ctrm_ErH2	Установить режим замены на максимальное допустимое значение	—	3	—
.ctrm_ErBs	Установить режим замены на базовое значение	—	2	—
.ctrm_Mask	Установить режим маскирования	—	1	—
.ctrm_Imit	Установить режим имитации	—	0	—
Внутренние данные				
{sig}_ai_ImV	{сигнал}. Имитируемое значение в единицах АЦП	INT	—	0
{sig}_ai_H2	{сигнал}. Уставка максимального аварийного значения в единицах АЦП	INT	—	{sig}_ai_H3
{sig}_ai_H1	{сигнал}. Уставка максимального предельного значения в единицах АЦП	INT	—	{sig}_ai_H2
{sig}_ai_L1	{сигнал}. Уставка минимального предельного значения в единицах АЦП	INT	—	{sig}_ai_L2
{sig}_ai_L2	{сигнал}. Уставка минимального аварийного значения в единицах АЦП	INT	—	{sig}_ai_L3
{sig}_State	{сигнал}. Состояние алгоритма	WORD	—	0

где — {sig} – символьное обозначение сигнала;

— {сигнал} – текстовое описание сигнала.

Таблица 28 – Выходные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
{sig}_ai	{сигнал}. Значение в единицах АЦП	INT	—	0
{sig}_fl	{сигнал}. Значение в технических единицах	FLOAT	—	—
{sig}_RS	{сигнал}. Регистр состояния	WORD	—	0x0000
.is_Err6	Значение недостоверно – выход за пределы измерения	—	13	—

Таблица 28 – Выходные данные алгоритма

Обозначение	Описание	Тип	Бит	Нач. знач.
	Резерв	—	7...12	—
	= 110b – установлен режим без замены = 101b – установлен режим замены на последнее достоверное значение = 100b – установлен режим замены на минимальное аварийное значение = 011b – установлен режим замены на минимальное предельное значение = 010b – установлен режим замены на максимальное предельное значение = 001b – установлен режим замены на максимальное аварийное значение = 000b – установлен режим замены на базовое значение	—	6...4	—
	Резерв	—	3	—
.is_Set		—	2	—
.is_Mask	Установлен режим маскирования	—	1	—
.is_Imit	Установлен режим имитации	—	0	—
{sig}_isa_HH	{сигнал}. Значение больше либо равно максимальному предельному	BOOL	—	0
{sig}_isa_H	{сигнал}. Значение больше либо равно максимальному допустимому	BOOL	—	0
{sig}_isa_L	{сигнал}. Значение меньше либо равно минимальному допустимому	BOOL	—	0
{sig}_isa_LL	{сигнал}. Значение меньше либо равно минимальному предельному	BOOL	—	0

где – {sig} – символьное обозначение сигнала;

– {сигнал} – текстовое описание сигнала.

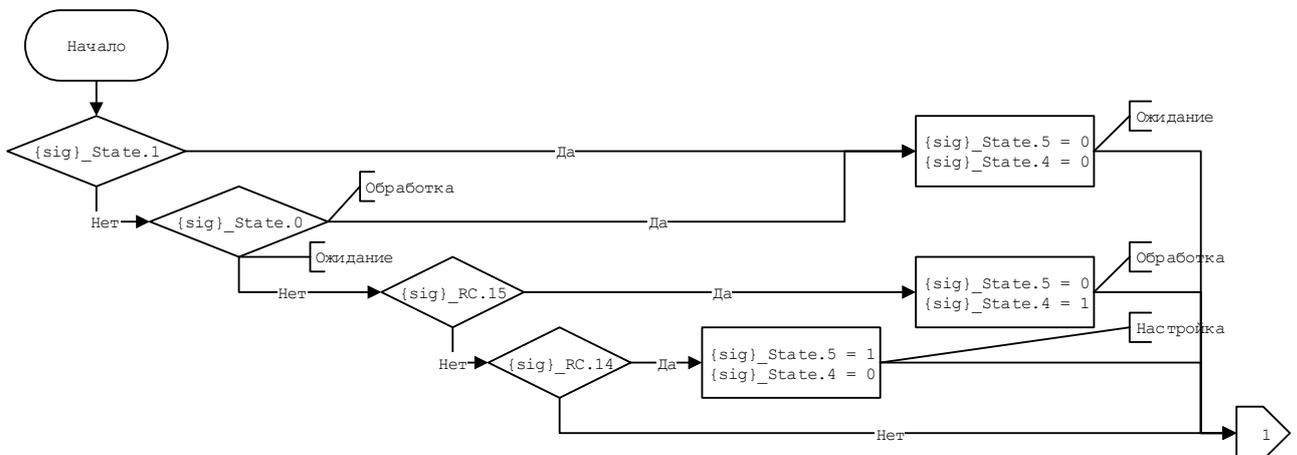


Рисунок 35 – Алгоритм обработки аналогового входного сигнала (лист 1 из 5)

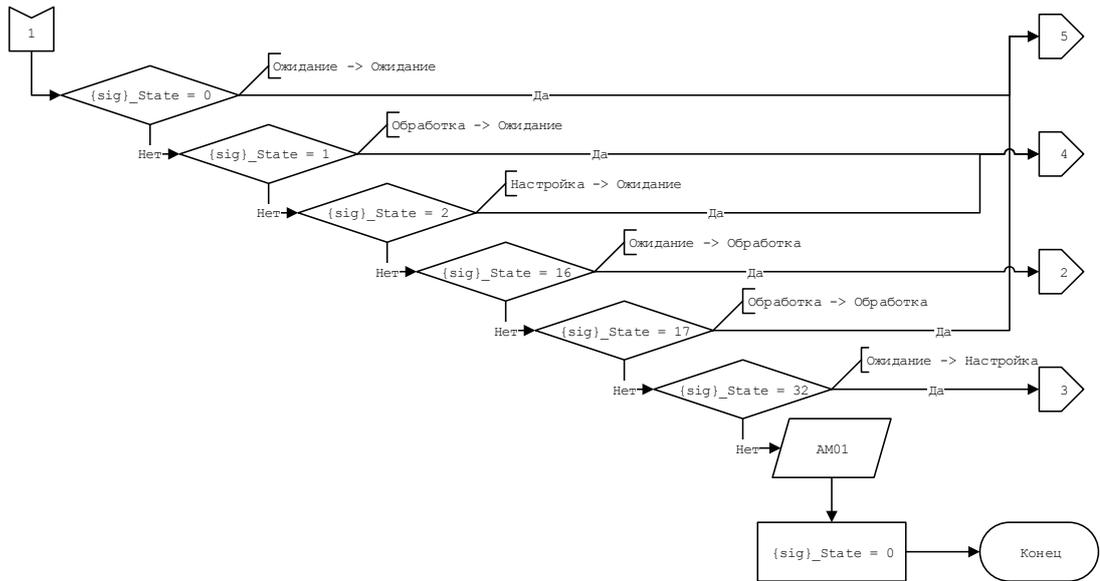


Рисунок 36 – Алгоритм обработки аналогового входного сигнала (лист 2 из 5)

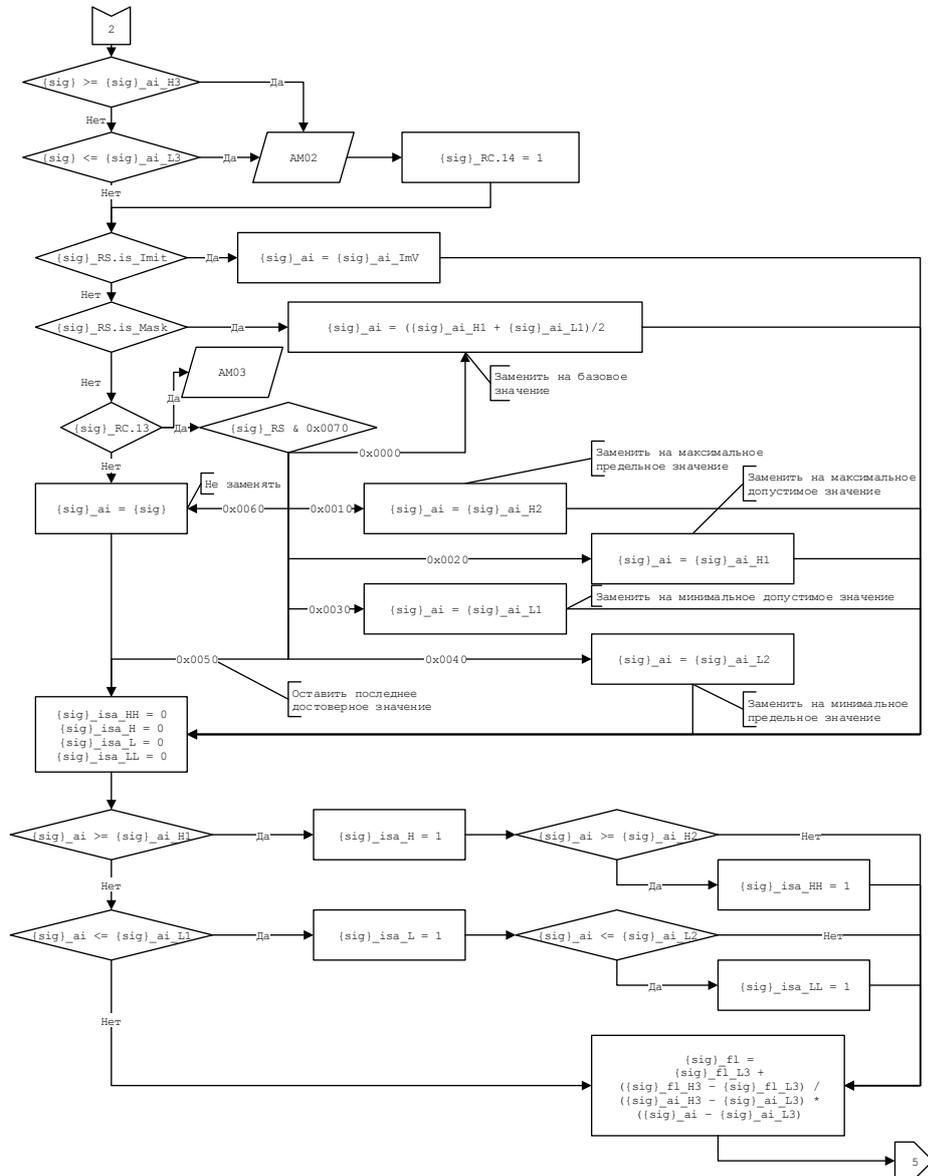


Рисунок 37 – Алгоритм обработки аналогового входного сигнала (лист 3 из 5)

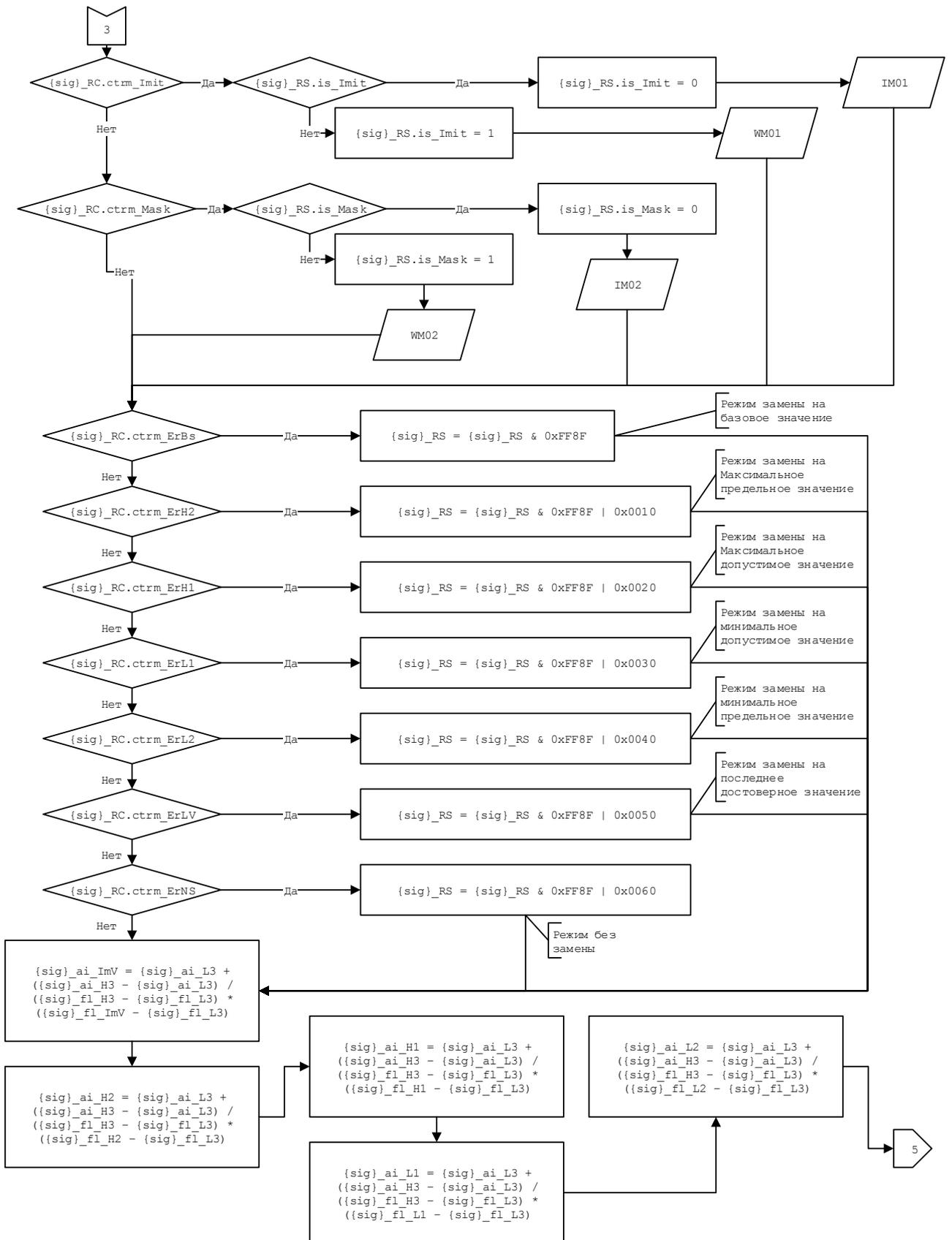


Рисунок 38 – Алгоритм обработки аналогового входного сигнала (лист 4 из 5)

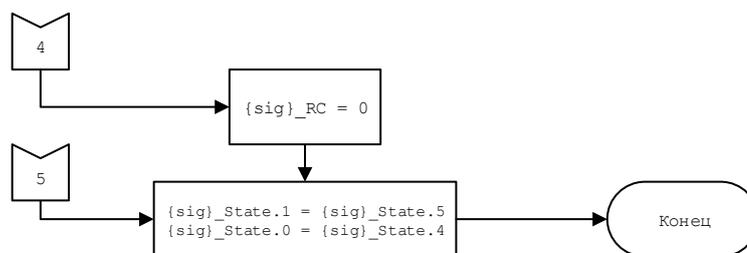


Рисунок 39 – Алгоритм обработки аналогового входного сигнала (лист 5 из 5)

2.8.4 Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок

Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок описаны в табличной форме (см. табл. 29).

Таблица 29 – Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок

Параметр	Тэг	Условие	Действие
Емкости сепарационные Е-1...3 (поз. 2)			
Загазованность на площадке	АТ_002201_A АТ_002201_B АТ_002201_C	$\geq 20\%$ НКПП	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение световой сигнализации: – HL_002201.
		$\geq 50\%$ НКПП	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение светозвуковой сигнализации: – HAL_002201.
Уровень жидкости в емкости	LA_002211 LA_002221 LA_002231	≥ 2200 мм	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора.
Насосные агрегаты Н-1...3 (поз. 3)			
Загазованность на площадке	АТ_003301_A АТ_003301_B АТ_003301_C	$\geq 20\%$ НКПП	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение световой сигнализации: – HL_003301. Отключение работающего насоса соответственно: – NSC_003310; – NSC_003320; – NSC_003330. Блокировка пуска насоса: – NSB_003310; – NSB_003320; – NSB_003330.

Таблица 29 – Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок

Параметр	Тэг	Условие	Действие
		$\geq 50\%$ НКПР	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение светозвуковой сигнализации: – HAL_003301.
Давление в нагнетательной линии	PDT_003311 PDT_003312 PDT_003321 PDT_003322 PDT_003331 PDT_003332	$\pm 10\%$ от $P_{\text{раб}}$ в теч. 20 сек.	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора.
Температура подшипников электродвигателя насоса	TE_003310/A TE_003310/B TE_003320/A TE_003320/B TE_003330/A TE_003330/B	$\geq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора.
		$\geq 90\text{ }^{\circ}\text{C}$	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Отключение работающего насоса соответственно: – NSC_003310; – NSC_003320; – NSC_003330.
Вибрация	VT_003310 VT_003320 VT_003330	$\geq 8,9\text{ мм / с}$	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Отключение работающего насоса соответственно: – NSC_003310; – NSC_003320; – NSC_003330.
Снятие защитного кожуха	GA_003310 GA_003320 GA_003330	—	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Отключение работающего насоса соответственно: – NSC_003310; – NSC_003320; – NSC_003330. Блокировка пуска насоса: – NSB_003310; – NSB_003320; – NSB_003330.
Давление на входе насоса	PT_003311 PT_003321	$\pm 10\%$ от $P_{\text{раб}}$ в теч. 20 сек.	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора.

Таблица 29 – Алгоритмы управления, технологических защит и блокировок

Параметр	Тэг	Условие	Действие
	PT_003331	$\pm 15\% P_{\text{раб}}$ в теч. 30 сек.	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Отключение основного насоса, включение резервного насоса
Давление на выходе насоса	PT_003312 PT_003322 PT_003332	$\pm 10\%$ от $P_{\text{раб}}$ в теч. 20 сек.	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора.
		$\pm 15\% P_{\text{раб}}$ в теч. 30 сек.	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Отключение основного насоса, включение резервного насоса
Площадка емкости дренажной ЕД (поз. 4)			
Загазованность на площадке	AT_004401	$\geq 20\%$ НКПР	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение световой сигнализации: – HL_004401.
		$\geq 50\%$ НКПР	Аварийная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение светозвуковой сигнализации: – HAL_004401.
Уровень жидкости в емкости	LA_004400	≥ 2200 мм	Предупредительная дистанционная сигнализация на АРМ оператора. Включение световой сигнализации: – HL_004400.

2.8.5 Алгоритмы автоматического регулирования технологическим параметром

В качестве регулируемых параметров технологического процесса выступает давление. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПД регулирования. Пропорционально-дифференциальный (ПД) регулятор - оказывает воздействие на регулирующий орган пропорционально отклонению регулируемой величины и скорости ее отклонения. Объектом управления является участок между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет обычно несколько метров.

$$W(p) = \frac{\Delta P_u(p)}{\Delta F(p)} = \frac{K_o}{T_o P + 1},$$

ΔP - Изменение давление в НТС

ΔF - расход жидкости на выходе

С панели оператора задается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. ПЛК также подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется управляющий сигнал. Этот сигнал усиливается, через усилитель и подается на напряжение питания электропривода задвижки. Задвижка преобразует угловую скорость привода в угол поворота. Далее угол поворота изменяет расход поступающей жидкости в трубопроводе. На выходе меняется давление.

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе равное 20 МПа, поэтому в качестве задания выступает ступенчатое воздействие, которое в момент запуска программы меняет свое значение с 0 до 20.

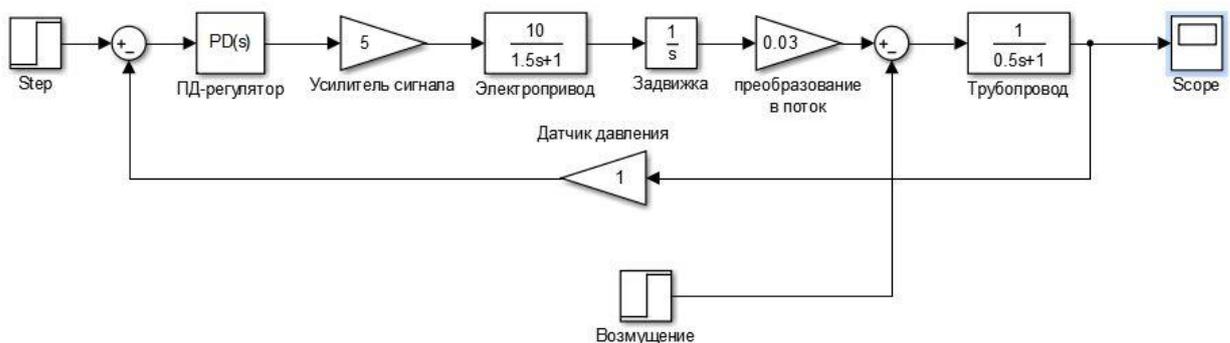


Рисунок 40 – Модель САР

Proportional (P):	<input type="text" value="0.134121873994033"/>
Derivative (D):	<input type="text" value="0.0531630962332704"/>
Filter coefficient (N):	<input type="text" value="0.216644435089055"/>
<input type="button" value="Tune..."/>	

Рисунок 41 – Коэффициенты ПД-регулятора

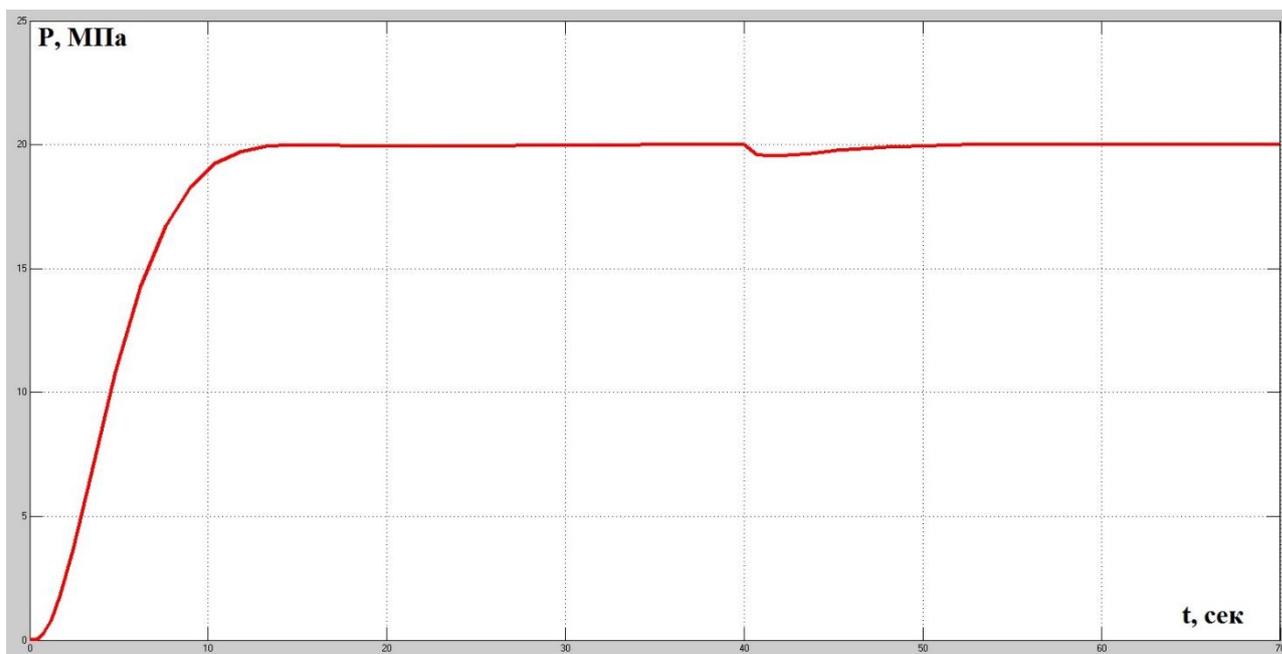


Рисунок 42 – Модель САР и график переходного процесса

Из данного графика видно, что перерегулирование отсутствует. Ошибка равна 0. На 40 секунде введено возмущающее воздействие. Как видно, система справляется с этим возмущением.

2.9 Разработка мнемосхем

2.9.1 Общая информация

Управление в разрабатываемой АСУ ТП реализовано с использованием SCADA системы Simple SCADA 2.0. Данная SCADA-система предназначена для разработки и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. Главная цель проекта – это простота и удобство для конечного пользователя. Simple SCADA 2.0 обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Иными словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры среднего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода / вывода, что позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

Основные характеристики Simple SCADA 2.0:

- поддержка сенсорного экрана (протестировано на промышленных панелях и планшетах);
- наличие виртуальной клавиатуры;
- отправка E-mail сообщений;
- звонки, выполнение пользовательских AT-команд и отправка SMS сообщений через 3G / GSM модемы;
- горячее резервирование серверов Simple SCADA;
- возможность выполнения пользовательских SQL-запросов и обработки результата;
- полный доступ к БД из скриптов - создание, удаление таблиц и т.д.
- возможность организации клиент-серверной архитектуры с любым количеством клиентов.
- защищенный канал связи для безопасной работы в локальной сети и через интернет (защищается протоколом TLS);
- система скриптов с широким набором готовых процедур и функций для решения задач любой сложности;
- система событий для объектов (каждое событие может быть запрограммировано как угодно при помощи скриптов);
- работа с любым количеством (локальных или удаленных) OPC DA-серверов;
- редактор переменных и импорт тегов с OPC-серверов;
- наличие встроенного браузера OPC-серверов;
- возможность создания внутренних тегов;
- гибкая система прав пользователей;
- большая библиотека графики с изображениями, выполненными в едином минималистичном стиле с высоким качеством.
- база данных трендов и сообщений MySQL или MS SQL Server;

- неограниченное количество трендов, возможности просмотра минимума, максимума или среднего значения для любого тренда за выбранный интервал;
- групповое редактирование свойств объектов;
- импорт переменных из CSV файлов;
- группы трендов, сообщений, окон, переменных, текстур, скриптов (все списки могут быть разбиты на группы);
- ведение лога сообщений (аварии / предупреждения / оповещения – объем не ограничен);
- наличие журнала действий оператора;
- автоматическая цветовая подсветка элементов при выходе контролируемого значения за аварийные и предупреждающие границы.
- автоматически генерируемые сообщения при выходе контролируемого значения за аварийные и предупреждающие границы;
- возможность звукового оповещения при аварийных и предупреждающих сообщениях;
- возможность экспорта данных трендов и сообщений в Excel-файлы;
- автоматическая адаптация созданных мнемосхем под разрешение компьютера, на котором запускается проект;
- печать мнемосхем и графиков;
- возможность добавления пользовательских изображений в формате *.png (+ анимация);
- широкий набор компонентов для максимально быстрого создания мнемосхем;
- DirectX или OpenGL рендер по выбору пользователя;
- низкие системные требования;
- наличие подробной документации;
- компактность и переносимость.

2.9.2 Основные функции

2.9.2.1 Управление

Для ввода информации и управления приложением АРМ используются ПК-совместимая клавиатура и манипулятор типа «мышь». Клавиатура используется для ввода информации следующего типа:

- цифробуквенные строки текста в поля ввода;
- навигация по экранным формам;
- вызов специфических функций.

Цифробуквенные строки текста используются при вводе:

- целочисленных и вещественных значений при настройке и управлении регулирующими исполнительными механизмами;
- имени пользователя и пароля при регистрации;
- текстовой информации свободного формата.

Все управление АРМ реализовано с помощью манипулятора типа «мышь». Клавиатура используется для дублирования всех управляющих функций и для ввода цифробуквенной информации.

2.9.2.2 Отображение

Видимая часть экрана автоматизированного рабочего места (АРМ) делится на три области – сверху вниз (см. рис. 40):

- область навигации по экранным формам: 10 %;
- область отображения экранных форм: 85 %;
- область последних сообщений и текущего времени: 5 %.

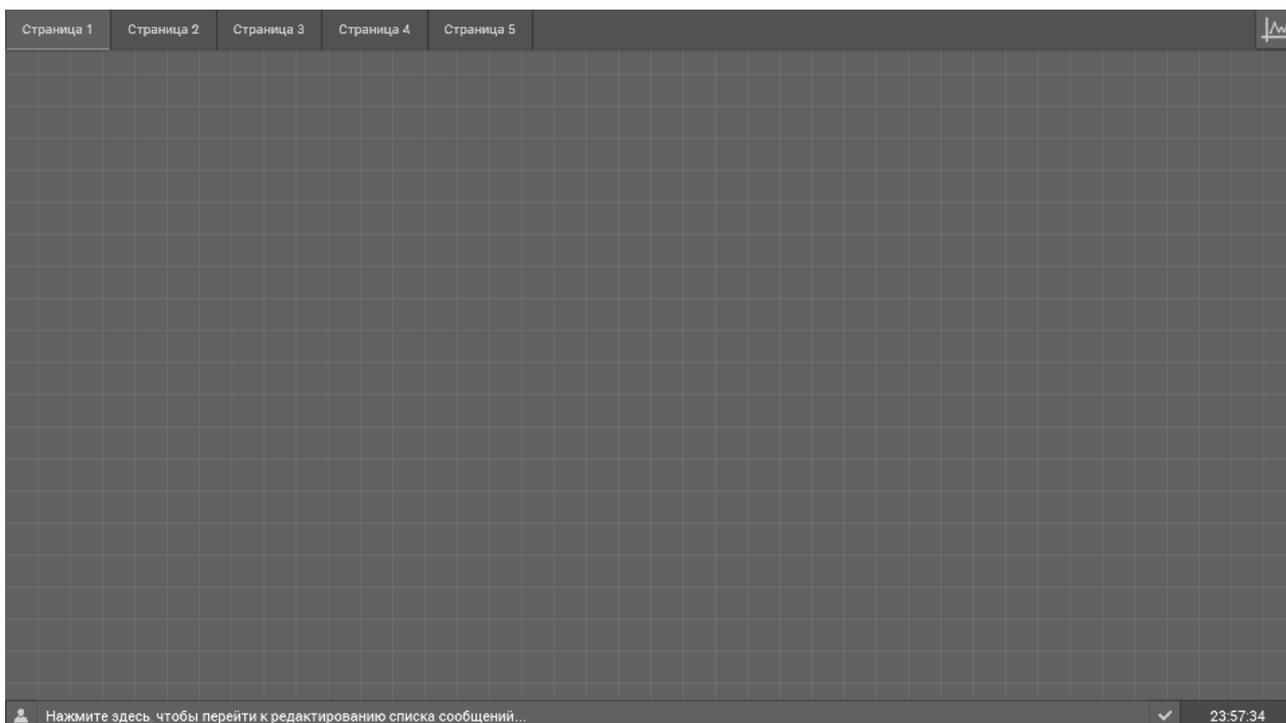


Рисунок 40 – Распределение экранного пространства дисплея

В области навигации по экранным формам размещены вкладки мнемосхем и кнопка трендов, нажатие на которую открывает соответствующее окно (см. рис. 53).

В области отображения экранных форм размещена непосредственно мнемосхема технологического процесса (см. приложение Г).

В области последних сообщений и текущего времени размещены кнопка смены пользователя и кнопка квитирования сообщений. Нажатие на кнопку смены пользователя вызывает открытие окна авторизации (см. рис. 41). Также, клик по панели сообщений открывает соответствующее окно подтверждения сообщений (см. рис. 52).

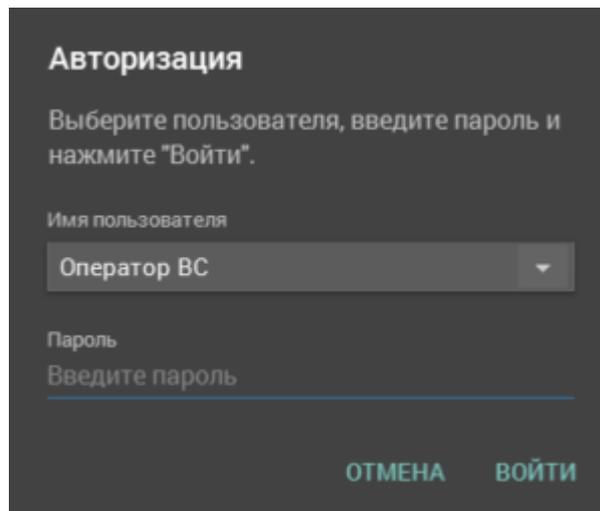


Рисунок 41 – Окно авторизации пользователя

Отображение заключается в выводе на экран АРМ следующей информации:

- состояния оборудования (электроздвижки, регуляторы, насосы), аварийных параметров;
- значений технологических параметров (давления, температуры, уровни, расходы вибрации);
- текущей даты и времени;
- аварийные сообщения.

2.9.2.3 Перечень соглашений

Структура элемента отображения технологического параметра приведена на рисунке 42.



Рисунок 42 – Структура отображения технологического параметра

В проекте значения следующих технологических параметров выводятся в сером поле шрифтом черного цвета:

- давления (МПа);
- температуры (°С);

- загазованность (%);
- вибрации (мм/с).

Единицы измерения технологических параметров выводятся на черном поле шрифтом серого цвета. Каждый параметр подписывается сверху шрифтом серого цвета.

Если для технологического параметра определены допустимые и / или предельные границы, то при их нарушении поле вывода выглядит, как показано на рисунке 43.

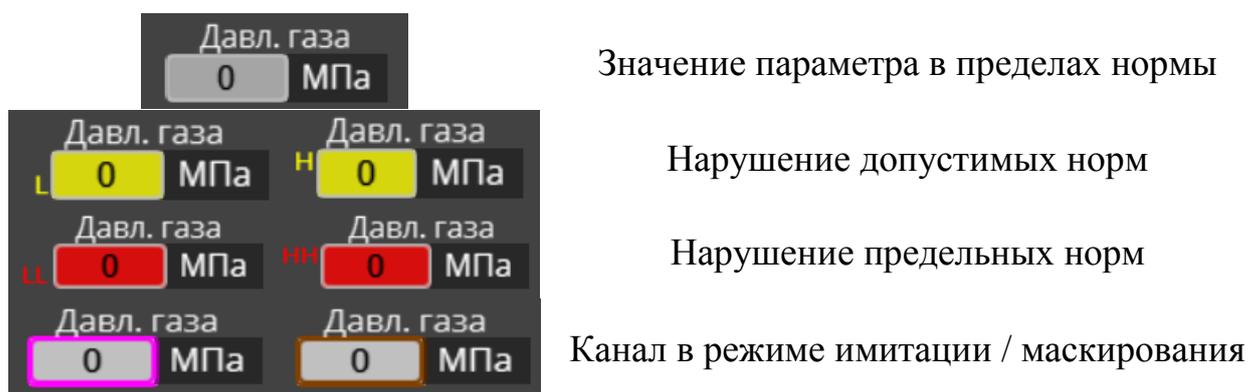


Рисунок 43 – Дерево состояний технологического параметра

Для индикации электроприводных задвижек используются индикаторы, показанные на рисунке 44.



Рисунок 44 – Индикатор электроприводной задвижки

При изображении состояния аварии электроприводных задвижек приняты следующие обозначения (см. рис. 45).



Рисунок 45 – Электроприводная задвижка в состоянии "Авария"

Положение задвижек отображается на мнемосхемах как показано на рисунке 46.



Рисунок 46 – Дерево состояний электроприводных задвижек

Для индикации движения арматуры приняты обозначения, которые показаны на рисунке 47.



Рисунок 47 – Дерево состояний электроприводных задвижек

Для индикации состояния дискретных параметров принимаются обозначения, показанные на рисунке 48.

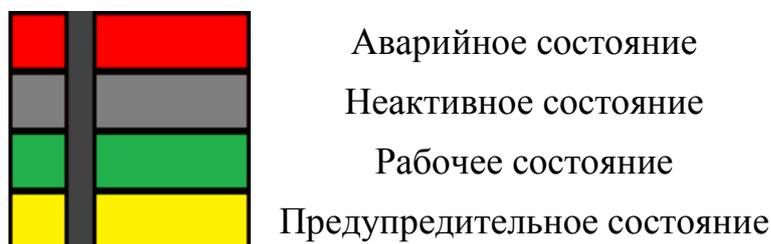


Рисунок 48 – Дерево состояний дискретного параметра

Для индикации состояний насосных использованы следующие обозначения (см. рис. 49).



Рисунок 49 – Дерево состояний насосного оборудования

Для индикации состояния параметров "Верхний уровень" и "Нижний уровень" приняты следующие обозначения (см. рис. 50).

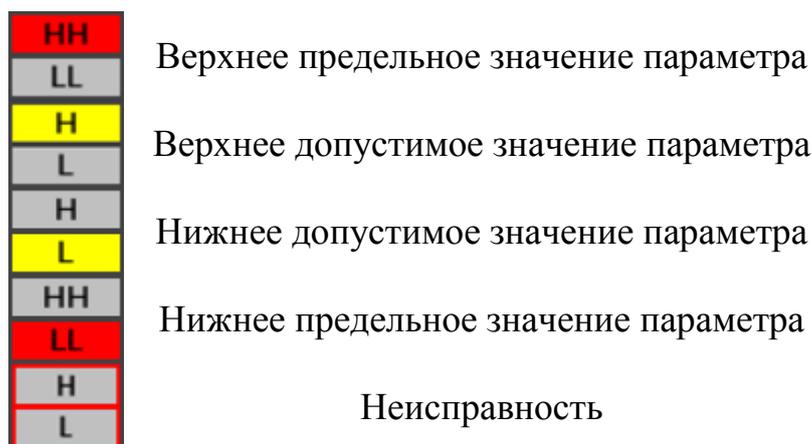


Рисунок 50 – Дерево индикации параметров "Верхний уровень" и "Нижний уровень"

Для индикации режимов работы оборудования приняты обозначения, показанные на рисунке 51.

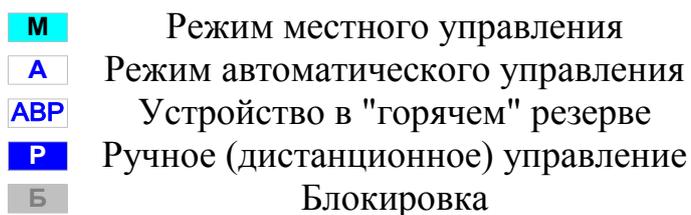


Рисунок 51 – Дерево состояний насосного оборудования

Цветовая маркировка трубопроводов на мнемосхеме соответствует требованиям ГОСТ 14202-69.

Разработанный с учетом принятых соглашений мнемокадр ДНС приведен в приложении Ж.

2.9.2.4 Аварийные сообщения

Окно подтверждения аварийных сообщений (см. рис. 52) вызывается путем клика левой кнопкой мыши по панели сообщений в нижней части главного экрана (см. рис. 40).

Все сообщения подразделяются на группы и доступны пользователям для просмотра согласно установленным правам доступа.

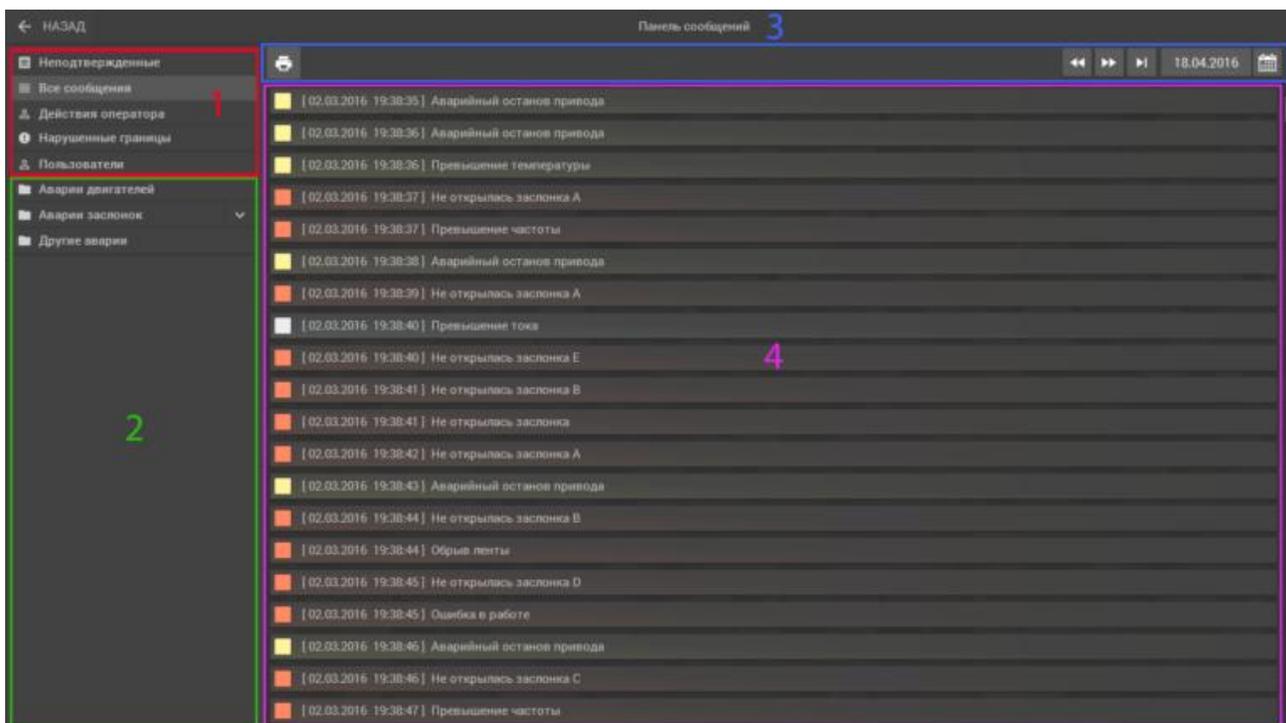


Рисунок 52 – Сообщения процесса

Окно сообщений может быть условно разделено на четыре части:

1 Стандартные группы сообщений – отображаются всегда независимо от настройки прав пользователей:

- Неподтвержденные (список активных сообщений, которые не были квитированы).
- Все сообщения (общий список сообщений, отсортированный по времени).
- Действия оператора (список действий оператора).
- Нарушенные границы (список сообщений о нарушении заданных границ).
- Пользователи (список сообщений об авторизации пользователей).

2 Пользовательские группы – отображаются согласно установленным правам доступа.

3 Кнопки навигации, печать и календарь.

4 Область сообщений.

2.9.2.5 Регистрация процесса

Переход к странице трендов основных рабочих параметров (см. рис. 53) происходит с помощью нажатия на кнопку трендов в главном окне (см. рис. 40).

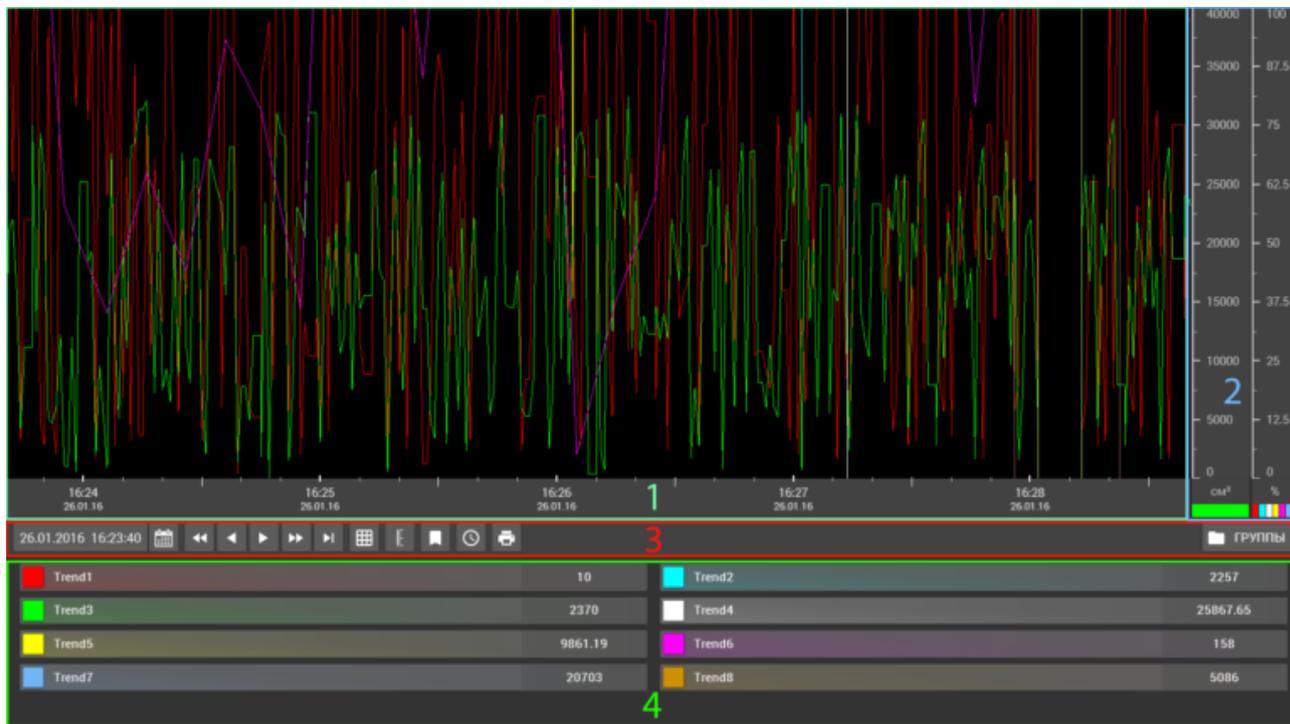


Рисунок 53 – Регистрация хода процесса

Окно трендов может быть условно разделено на четыре части:

1 Область просмотра – здесь выводятся непосредственно сами тренды технологических параметров со шкалой времени.

2 Шкалы трендов – здесь отображены шкалы трендов с отображением цвета тренда и единиц его измерения. Шкалы, которые совпадают по всем параметрам (минимум, максимум, единица измерения) группируются.

3 Панель управления – управление просмотром трендов.

4 Тренды текущей группы – цвет отображаемого тренда и его наименование.

2.9.2.6 Дистанционное управление электроприводными задвижками

Окно управления электроприводными задвижками показано на рисунке 54.

Кнопки управления доступны в ручном (дистанционном) режиме при соответствующем состоянии задвижки:

- в состоянии задвижки "Закрыта" кнопка "Закрыть" недоступна;
- в состоянии Отдвижки "Открыта" кнопка "Открыть" недоступна;
- при остановке привода задвижки кнопка "Стоп" недоступна.

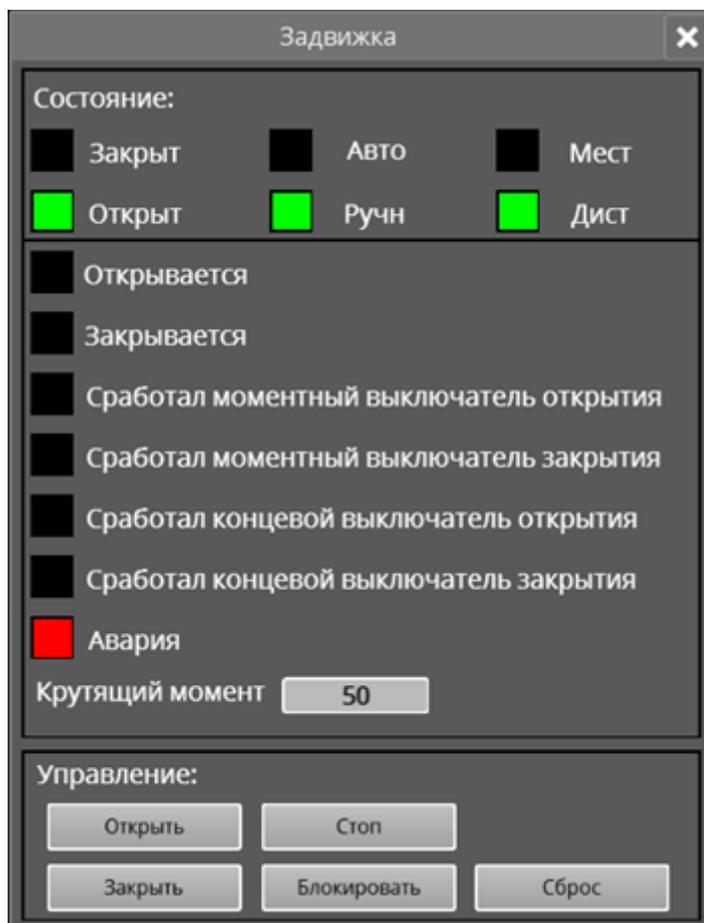


Рисунок 54 – Окно управления задвижкой

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Сорокову Ивану Сергеевичу

Студентская школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение назначения объекта и Quad-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, составление графика работ, расчет бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Quad-анализ
2. График проведения и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

Задание принял к исполнению Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Сороков Иван Сергеевич		

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления дожимной насосной станции. В данном разделе дается оценка ресурсоэффективности разрабатываемого проекта при компании ООО «Элеси». Компания разрабатывает комплексную автоматизацию как для малого, так и до большого объема. Производит высокоинтеллектуальное технологическое оборудование. Производство отвечаем мировым стандартам качества.

3.1. Quad анализ

Технология **QuaD** (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Таблица 29 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности	0,04	80	100	0,8	3,2
Удобство в эксплуатации	0,06	75	100	0,75	4,5
Помехоустойчивость	0,05	40	100	0,4	2
Энергоэкономичность	0,07	50	100	0,5	3,5
Надежность	0,1	90	100	0,9	9
Уровень шума	0,03	30	100	0,3	0,9
Безопасность	0,1	95	100	0,95	9,5
Потребность в ресурсах памяти	0,03	50	100	0,5	1,5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	55	100	0,55	2,75

Простота эксплуатации	0,06	55	100	0,75	3,3
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	60	100	0,6	3
Ремонтопригодность	0,02	85	100	0,85	1,7
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,05	70	100	0,7	3,5
Уровень проникновения на рынок	0,03	20	100	0,2	0,6
Цена	0,06	85	100	0,85	5,1
Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	80	100	0,8	4,8
Послепродажное обслуживание	0,05	75	100	0,75	3,75
Финансирование научной разработки	0,03	50	100	0,5	1,5
Срок выхода на рынок	0,04	30	100	0,3	1,2
Наличие сертификации разработки	0,02	10	100	0,1	0,2
Итого:	1				65,5

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 65,5, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Код	Событие	Должность исполнителей
1	Постановка задачи	Руководитель
2	Составление технического задания	Руководитель
3	Подбор и изучение литературы	Студент
4	Разработка проекта	Руководитель

		Студент
5	Формирование информационной базы	Руководитель Студент
6	Набор методического пособия	Студент
7	Проверка	Руководитель Студент
8	Анализ результатов	Руководитель Студент
9	Апробация инструментального средства	Студент
10	Оформление отчетной документации о проделанной работе	Студент
11	Составление пояснительной записки	Студент
12	Сдача готового проекта	Студент

3.2.2 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 31 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

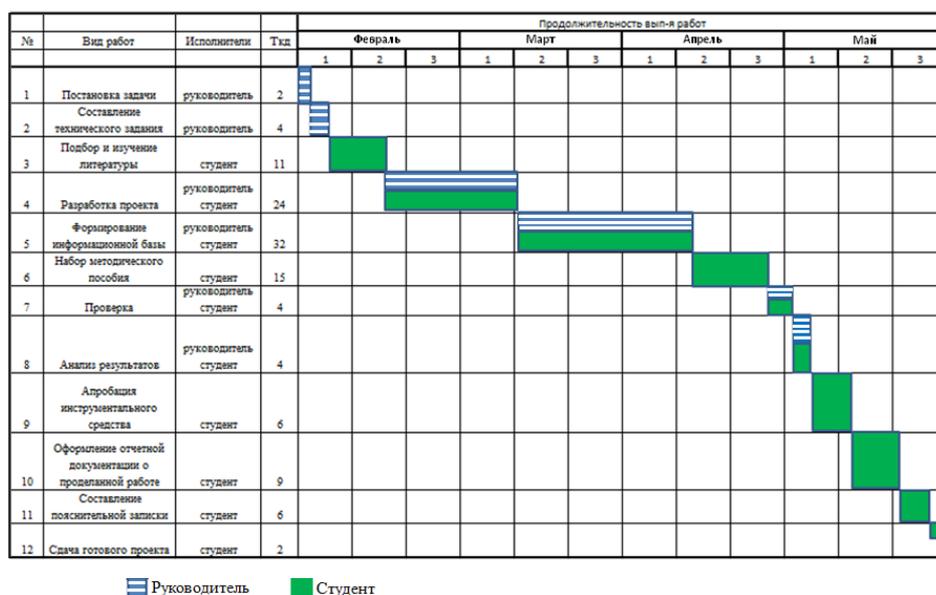
Таблица 31 – Временные показатели проведения работ

Название работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		T _{min} , чел. дн.	T _{max} , чел. дн.	T _{ож} , чел. дн.	T _р , раб. дн.	T _{кд} , кал. дн.
Постановка задачи	Руководитель	1	2	1,4	1,4	2
Составление тех. задания	Руководитель	2	3	2,4	2,4	4
Подбор и изучение	Студент	7	8	7,4	7,4	11

литературы						
Разработка проекта	Руководитель Студент	30	38	33,2	16,6	24
Формирование информ. базы	Руководитель Студент	42	45	43,2	21,6	32
Набор метод. пособия	Студент	10	11	10,4	10,4	15
Проверка	Руководитель Студент	2	3	2,4	2,4	4
Анализ результатов	Руководитель Студент	2	3	2,4	2,4	4
Апробация инструментального средства	Студент	3	6	4,2	4,2	6
Оформление отчетной док-ции о проделанной работе	Студент	6	7	6,4	6,4	9
Составление пояснительной записки	Студент	4	5	4,4	4,4	6
Сдача готового проекта	Студент	1	2	1,4	1,4	2
Итого:	Руководитель				46,8	70
	Студент				77,2	113

На основе таблицы 6 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 32 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 32 – План-график



3.3 Бюджет научно-технического исследования

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 8 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 33 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Контроллер Allen Bradley Control Logix 1759	шт.	1	285 000	356250
Манометры WIKA PG23LT	шт.	5	19 500	112125
Датчик давления Метран-150 CG	шт.	4	64 200	295320
Термопреобразователь Метран 2000	шт.	2	57 900	133170
Сигнализатор уровня Rosemount 2120	шт.	2	36 000	82800
Вибропреобразователь ВК-310С	шт.	2	17 300	43250
Газоанализатор ИДК-09	шт.	1	20 000	25000
Светозвуковой сигнализатор ВС-5	шт.	4	10 500	52500
Клапан с электроприводом AUMA MATIC	шт.	2	197 000	492500
Итого:				829220

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Allan Bradley. В таблице 34 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ.

Таблица 34 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.
SCADA Simple	1	32 000	32 000
Итого:			32 000

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Для расчета заработной платы были приняты оклады:

Для руководителя согласно тарифной сетке окладов ТПУ (старший преподаватель).

Для студента согласно принято согласно окладам ТПУ (учебно-вспомогательный персонал).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

Где Z_m – 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;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 35.

Таблица 35 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб.	Районный коэффициент, %	Месячный должностной оклад работника, руб.	Среднедневная заработная плата руб.	Продолжительность работ, дней	Заработная плата основная, руб.
Руководитель	24960	30	32448	1471,33	46,8	68858,07
Студент	9489	30	12335,7	559,35	77,2	43181,94
Итого:						112040,01

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%.

Таблица 36 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	68858,07
Студент	43181,94
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	33612,00

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (829220 + 32000 + 112040,01 + 33612) \cdot 0,15 = 151030,8 \text{ руб.}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 37.

Таблица 37 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	829220,0
2. Затраты на специальное оборудование	32000,0
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	112040,01
4. Отчисления во внебюджетные фонды	33612,0
5. Накладные расходы	151030,8
6. Бюджет затрат НИИ	1157902,81

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), 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 ресурсэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. 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:

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

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – 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 разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\max}} = \frac{1157902,81}{1300000} = 0,89;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «Роснефть». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Scheider Electric;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «АСУтехно». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Siemens с применением SCADA Step 7.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов приведена в таблице 38.

Таблица 38 – Смета бюджетов НТИ для аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб.	1157902,81	1150000	1300000

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{115000}{1300000} = 0,88; I_{фина1}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{1300000}{1300000} = 1;$$

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 – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 39 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	5
3. Надёжность	0,25	5	4	5
4. Экономичность	0,25	5	5	4
5. Помехоустойчивость	0,1	5	5	5
ИТОГО	1	4,85	4,2	4,75

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,85;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 6 \cdot 0,25 + 6 \cdot 0,1 = 4,2;$$

$$\text{Аналог 2} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,75.$$

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

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

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{4,85}{0,88} = 5,44; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{4,2}{0,88} = 4,77; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{4,75}{1} = 4,75.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 40.

Таблица 40 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,88	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,2	4,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,44	4,77	4,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,14	1,15

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 3-8Т32	ФИО Сорокову Ивану Сергеевичу
------------------	----------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Анализ оборудования автоматизированной системы</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание надежности контроллерного оборудования 2. Описание датчиков и повышение надежности системы
<i>Связь контроллера и оператора</i>	1. Защита данных от ошибок
<i>Интерфейсы оператора</i>	1. Удобство и защита использования мнемосхемы

Перечень графического материала:

<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	<i>Мнемосхема ДНС</i>
---	-----------------------

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Сороков Иван Сергеевич		

4. Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования будет выступать цех, где расположена дожимная насосная станция.

В ВКР рассматривается дожимная насосная станция (ДНС), предназначенная для закачки воды в продуктивные пласты в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является дожимная насосная станция, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

После чего было выбрано оборудование, которое соответствует нашему времени, регламенту и параметрам, которые необходимы для поддержания пластового давления в нефтяных месторождениях.

4.1.Оборудование

ПЛК предназначены для построения современных АСУ ТП и позволяют выполнять оперативное управление с использованием промышленных ЭВМ, автоматическое регулирование, программное управление, логическую защиту, блокировку, сигнализацию и регистрацию событий.

Используется контроллер Siemens S7-300H. С повышенной надежностью. Имеется встроенная система резервирования.

В качестве устройства защиты от импульсных перенапряжений и помех (УЗИП) интерфейса RS-485 выбран УЗИП DTR 2/6/1500-L.

В качестве устройства защиты от импульсных перенапряжений и помех (УЗИП) интерфейса RS-485 выбран УЗИП DTR 2/6/1500-L.

Таблица 11 – Технические характеристики модуля ЦП 1756-L62

Технические характеристики	Значение
Задачи контроллера	<ul style="list-style-type: none">– 32 задачи;– 100 программ / задач;– задачи при событиях: все триггеры событий;
Встроенный порт	RS-232
Опции связи	<ul style="list-style-type: none">– EtherNet/IP;– ControlNet;– DeviceNet;– Data Highway Plus;– Remote I/O;– SynchLink;– Third-party process and device networks
Количество соединений, макс.	250
Сетевые соединения (на один модуль)	256 Ethernet/IP; 128 TCP
Поддержка резервирования	полная
Языки программирования	LD; ST; FBD; SFC
Память: <ul style="list-style-type: none">– программная– ввода / вывода	<ul style="list-style-type: none">4 Мб478 Кб
Количество входных / выходных кана-	

Таблица 11 – Технические характеристики модуля ЦП 1756-L62

Технические характеристики	Значение
лов (не более):	
– всего	128 000
– дискретных	128 000
– аналоговых	4 000
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

4.2. Датчики

Выбор полевого оборудования осуществлялся в соответствии с требованиями ТЗ. В процессе выбора оборудования были множество вендоров, производящих различные типы оборудования (манометры, датчики давления и др.) в результате чего были подобраны максимально удовлетворяющие выдвинутым требованиям приборы.

Манометр

Манометр WIKA PG23LT (см) с трубкой Бурдона предназначен для измерения и местной индикации давления невязких, жидких некристаллизующихся и газообразных сред.

Таблица 42 – Технические характеристики манометра WIKA PG23LT

Технические характеристики	Значение
Измерительная система	трубка Бурдона
Номинальный размер	160 мм
Диапазон измерений	от 0 ... 0,6 до 0 ... 1000 бар
Предельное давление	
– постоянное	диапазон измерений
– переменное	0,9 · диапазона измерений
– кратковременное	1,3 · диапазона измерений
Допустимая температура	
– окружающая	– 70 ... + 60 °С
– измеряемой среды	не более + 100 °С

Таблица 42 – Технические характеристики манометра WIKA PG23LT

Технические характеристики	Значение
Класс точности	1,5
Степень пылевлагозащиты	IP66 / IP67
Присоединение к процессу	M20x1,5
Материалы:	
– чувствительный элемент	нержавеющая сталь
– механизм	нержавеющая сталь
– корпус	нержавеющая сталь
– стекло	ламинированное, безопасное
– кольцо	байонетное, нержавеющая сталь
– гидрозаполнение	силиконовое масло

Средняя наработка на отказ 100 000 ч.

Датчик давления

Датчик избыточного давления Метран-150CG предназначен для преобразования избыточного давления рабочих сред: жидкости, пара, газа в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал на базе HART-протокола [18].

Таблица 1 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Датчик избыточного давления Метран-150CG	
Диапазон измерений	-97,85 кПа ... 1,6 МПа
Заполняющая жидкость	силикон
Наличие ЖКИ	нет
Тип присоединения к клапанному блоку	резьба наружная M20x1,5
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 80
Степень пылевлагозащиты	IP66
Допускаемая относительная погрешность	не более ± 0,05 %
Выходной сигнал	4 ... 20 мА / HART
Клапанный блок 0106MT12CB1	
Тип блока	запорно-стравливающий
Материал	нержавеющая сталь

Таблица 1 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Датчик избыточного давления Метран-150CG	
Уплотнение	фторопласт (PTFE)
Подключение:	
– к датчику	гайка накидная М20х1,5
– к процессу	резьба наружная М20х1,5

Средняя наработка на отказ 150 000 ч.

Датчик температуры

Термопреобразователь сопротивления (ТС) Метран-2000 (см. рис. 21) предназначен для измерения температуры малогабаритных подшипников и поверхности твердых тел.

Таблица 44 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Тип НСХ	Pt100
Диапазон измерений, °С	– 50 ... + 120
Класс допуска	В
Схема соединения	четырёхпроводное
Количество чувствительных элементов	1
Исполнение	подшипниковый ТС в гильзе Ø 8 мм
Тип присоединения к процессу	резьба наружная М12х1,5
Маркировка взрывозащиты	1ExdIICT6 X
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 60
Степень пылевлагозащиты	IP65

Средняя наработка на отказ 100 000 ч.

Вибропреобразователь.

Вибропреобразователь ВК-310С представляет собой пьезоэлектрические акселерометры с согласующими усилителями и предназначены для применения в составе аппаратуры непрерывного вибрационного контроля, защиты и вибродиагностики турбоагрегатов, питательных насосов двигателей нефтеперекачивающих и газокompрессорных станций, вибродиагностики электрических станций и других объектов [22].

Таблица 45 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Диапазон измерений, мм / с	0,1 ... 30
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 80
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5 X
Степень пылевлагозащиты	IP65
Выходной сигнал	4 ... 20 мА

Средняя наработка на отказ 100 000 ч.

Для повышения надежности системы КИПиА резервируем.

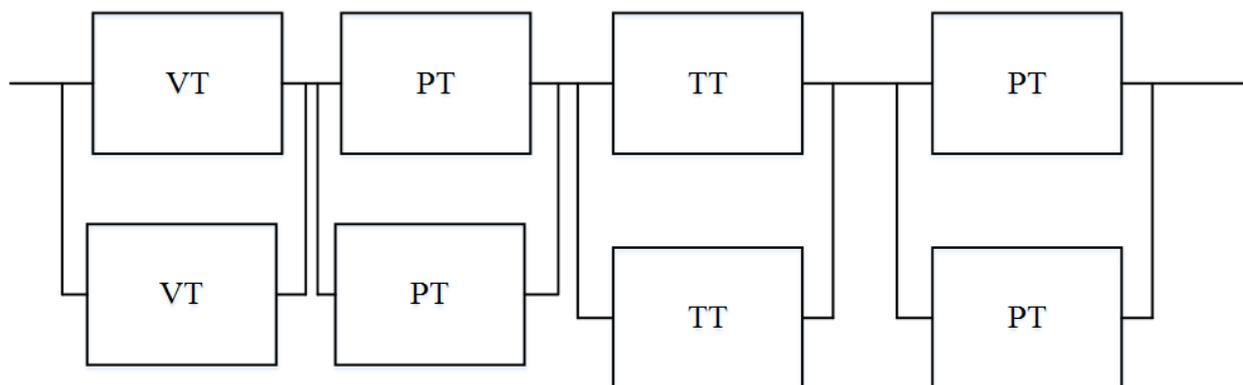


Рисунок 55 – Резервирование КИПиА

4.3.Связь контроллера и оператора

Связь контроллера с компьютером идет по протоколу Modbus RTU с интерфейсом RS-485. Для защиты информации используется опрос проверки контрольной суммы.

Контрольная сумма (хеш) — определенное значение рассчитанное для данных с помощью известных алгоритмов. Предназначается для проверки целостности данных при передаче.

В ВКР используется циклический избыточный код CR8. Применяется для проверки целостности передачи данных. Программы-архиваторы включают CRC исходных данных в созданный архив для того, чтобы получающий мог удостовериться в корректности полученных данных. Такая контрольная сумма проста в реализации и обеспечивает низкую вероятность возникновения коллизий.

4.4.Интерфейс

В ВКР используется SCADA система. На панели оператора отображаются технологические параметры.

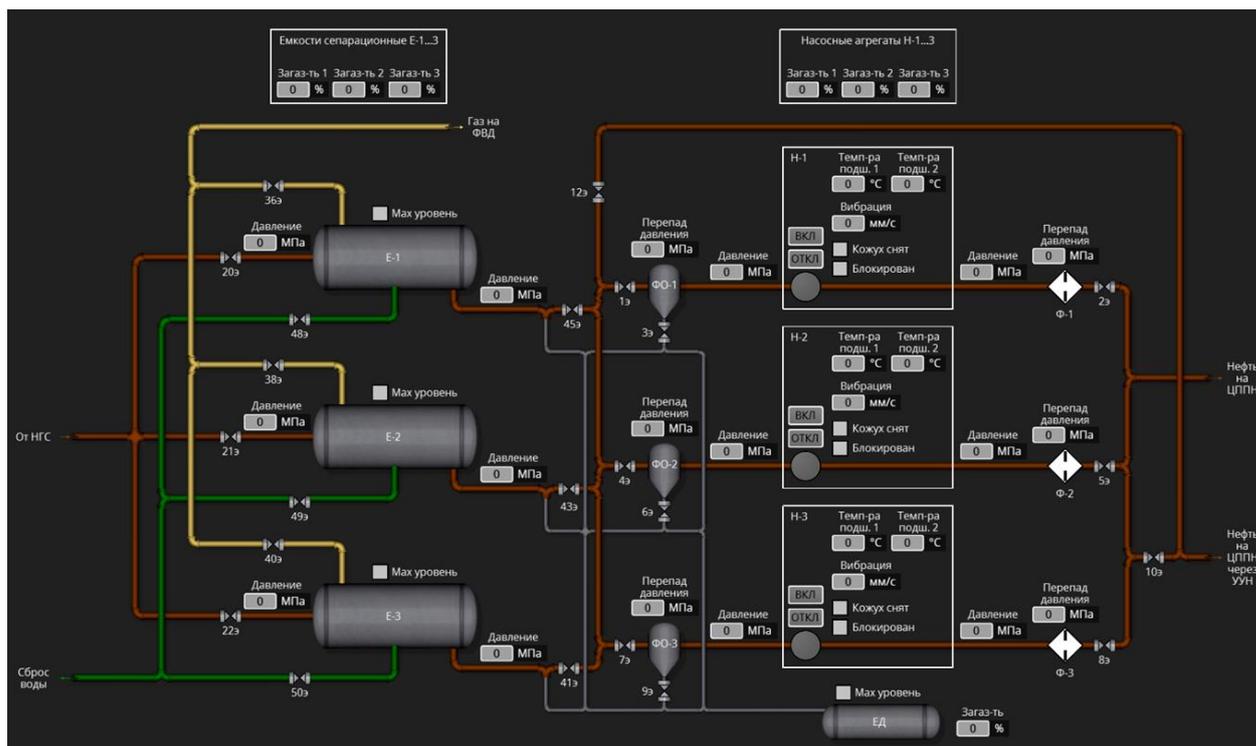


Рисунок 56 – Мнемосхема ДНС

В проекте значения следующих технологических параметров выводятся в сером поле шрифтом черного цвета:

- давления (МПа);

- температуры (°C);
- загазованность (%);
- вибрации (мм/с).

Единицы измерения технологических параметров выводятся на черном поле шрифтом серого цвета. Каждый параметр подписывается сверху шрифтом серого цвета.

Если для технологического параметра определены допустимые и / или предельные границы, то при их нарушении поле вывода выглядит, как показано на рисунке 57.

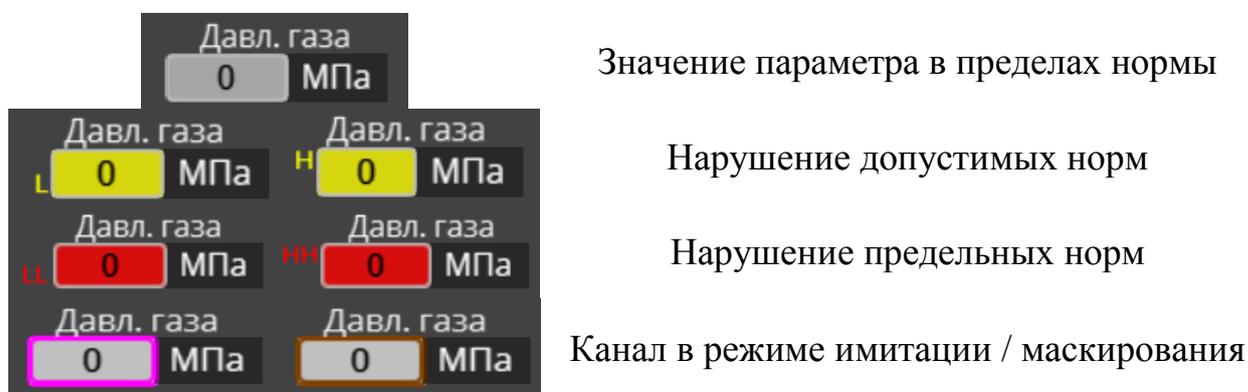


Рисунок 57 – Дерево состояний технологического параметра

Как видно параметры меняются в реальном времени, но у оператора нет возможности их редактировать, что не дает возможности сделать ошибку или повредить систему. Все технологические параметры подписаны, а также есть подписи единиц измерений.

Окно управления электроприводными задвижками показано на рисунке 58.

Кнопки управления доступны в ручном (дистанционном) режиме при соответствующем состоянии задвижки:

- в состоянии задвижки "Закрыта" кнопка "Закреть" недоступна;
- в состоянии Отдвижки "Открыта" кнопка "Открыть" недоступна;
- при остановке привода задвижки кнопка "Стоп" недоступна.

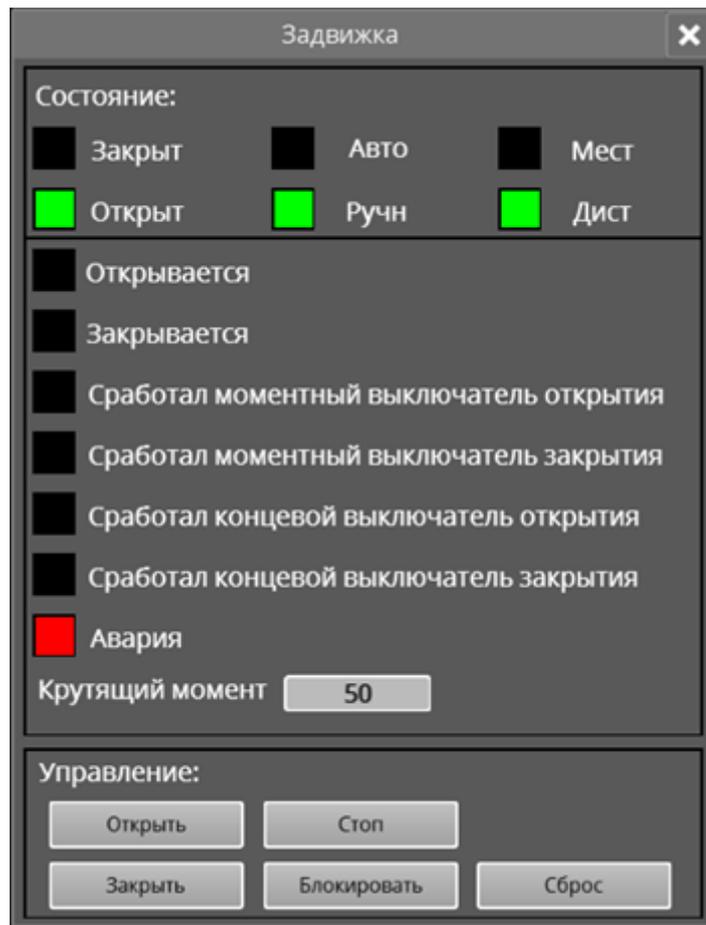


Рисунок 58 – Окно управления задвижкой

Удобное расположение кнопок и цветовая индикация упрощает работу оператора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы была разработана автоматизированная система управления дожимной насосной станции в соответствии с требованиями технического задания.

В ходе выполнения работы были изучен ход технологического процесса, разработаны принципиальная технологическая схема, схема функциональной структуры, схемы автоматизации, схема принципиальная информационных потоков и схемы соединений внешних проводок. Также, был осуществлен выбор программно-технического комплекса, произведена разработка перечня входных и выходных сигналов и данных. Кроме того, был разработан чертеж видеокадра, отражающий необходимые технологические параметры для контроля над безопасным ходом технологического процесса.

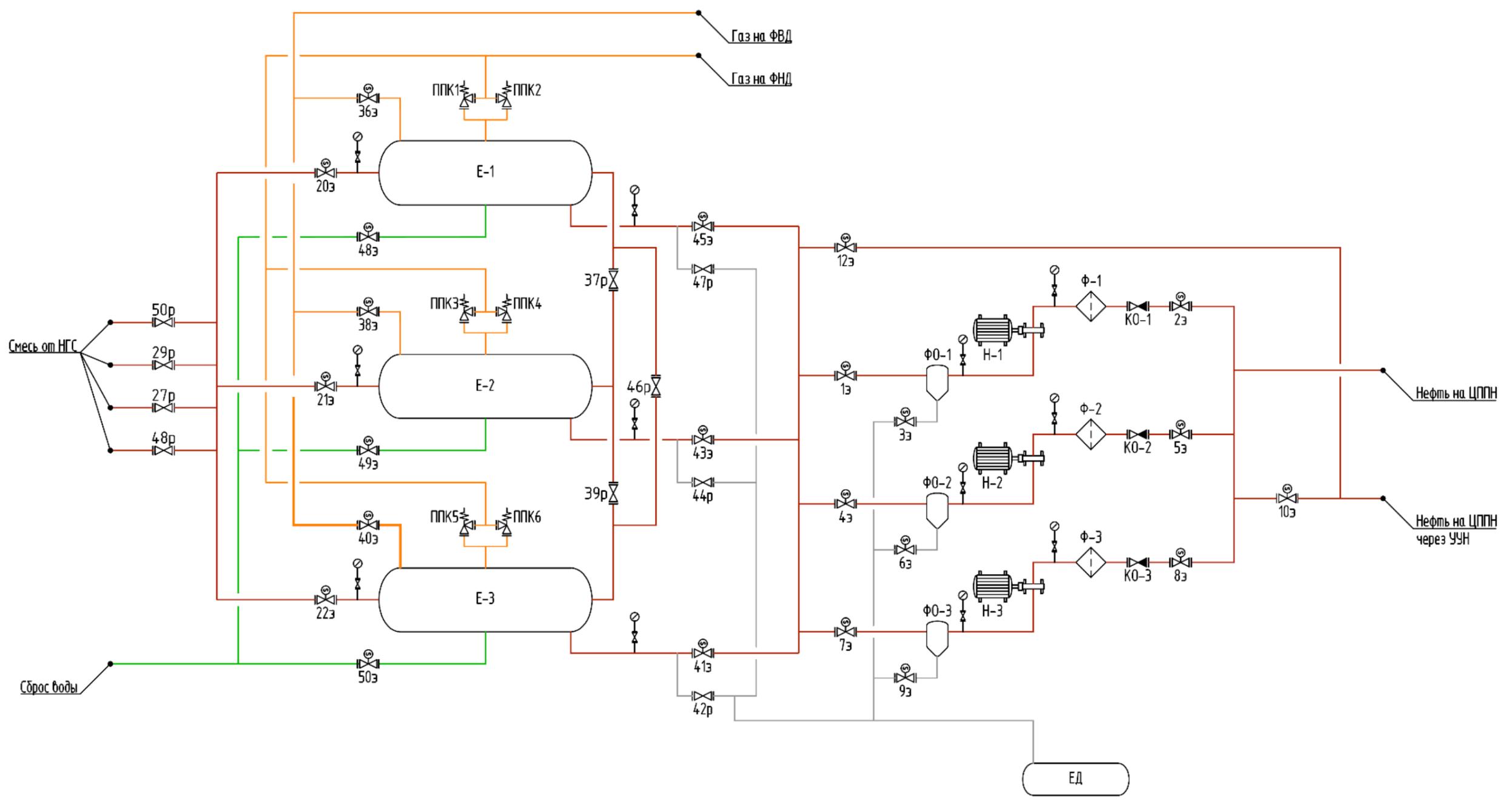
В результате, спроектированная автоматизированная система управления технологическим процессом дожимной насосной станции имеет высокую гибкость, может быть модернизирована и / или расширена, а также полностью удовлетворяет современным требованиям к автоматизированным системам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2015. – 130 с.
- 2 Technical data. 1756 ControlLogix Controllers. Publication 1756-TD001L-EN-P – June 2016.
- 3 Quantum Series Automation. Технические средства. Справочное руководство. 840 USE 100 00.
- 4 Siemens ST 70 – 2015.
- 5 Selection guide. ControlLogix Systems. 1756 Series Catalog Numbers. Publication 1756-SG001U-EN-P – February 2016.
- 6 Technical data. 1756 ControlLogix I/O Specifications. Publication 1756-TD002J-EN-P – November 2016.
- 7 Technical data. 1756 ControlLogix Communication Modules Specifications. Publication 1756-TD003I-EN-E – January 2016.
- 8 Technical data. 1756 ControlLogix Chassis Specifications. Publication 1756-TD006E-EN-E – October 2014.
- 9 Technical data. 1756 ControlLogix Power Supplies Specifications. Publication 1756-TD005F-EN-E – May 2016.
- 10 User manual. ControlLogix Redundancy. Publication 1756-UM535E-EN-P – May 2016.
- 11 User manual. ControlLogix Digital I/O Modules. Publication 1756-UM058H-EN-P – May 2015.
- 12 ControlLogix HART I/O Modules. Publication 1756-PP016F-EN-P – November 2016.
- 13 Data sheet. MVI56E-MCM. ControlLogix Platform. Modbus Communication Module. February 11, 2016.
- 14 User manual. MVI56E-MCM. ControlLogix Platform. Modbus Communication Module. April 25, 2016.
- 15 WIKA Типовой лист PM 02.22 – 06/2015.

- 16 WIKA Типовой лист ТМ 55.01 – 11/2015.
- 17 WIKA Типовой лист TW 95.35 – 06/2012.
- 18 Датчики давления Метран-150. Руководство по эксплуатации СПГК.5225.000.00 РЭ, версия 2.13.
- 19 Клапанные блоки. Руководство по эксплуатации. СПГК.5291.000.00. РЭ.
- 20 Тематический каталог "Датчики температуры" – Метран, 2016.
- 21 Сигнализатор 2120. Полнофункциональный вибрационный сигнализатор уровня жидкости. Справочное руководство 00809-0107-4030. Ред.ЕА. Ноябрь, 2012.
- 22 Вибропреобразователи пьезоэлектрические с предусилителями серии ВК-310. Руководство по эксплуатации 4277-03200205435-01 РЭ.
- 23 Приложение к свидетельству № 62825 об утверждении типа средств измерений. Описание типа средств измерений. Газоанализаторы ИДК-09.
- 24 Устройства "СЕНС". Сигнализаторы взрывозащищенные ВС-5, ВС-5-2СФ-ГС, ВС-5-С, ВС-5-3С, ВС-5-2СФ, ВС-5-3СФ, ВС-5-ГС. Руководство по эксплуатации.
- 25 Многооборотный привод SAExC 07.1 – SAExC 16.1/SARExС 07.1 – SARExС 16.1 Intrusive с блоком управления AUMATIC ACExС 01.1 Modbus. Инструкция по монтажу, управлению и вводу в эксплуатацию Y004.636/009/ru/1.08.
- 26 РМГ 62-2003. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.
- 27 Каталог выпускаемой продукции ООО "Томский кабельный завод", 2016.
- 28 Кабели для промышленного интерфейса RS-485 групповой прокладки, пожаробезопасные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.spcable.ru/catalog/rs485/kipvev_nxls.htm, свободный.

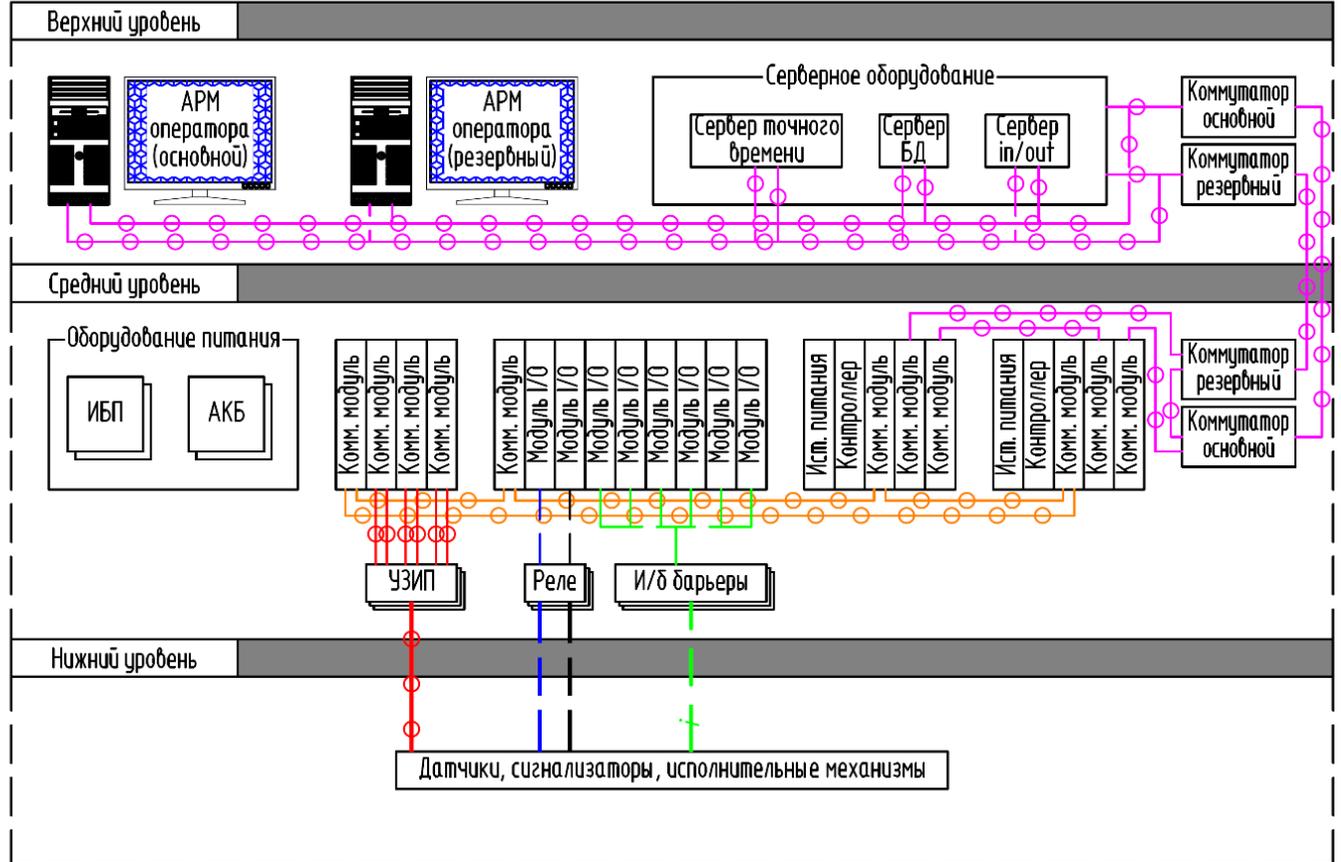
ПРИЛОЖЕНИЕ А. СХЕМА ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ



Согласовано			
Взам. инб. №			
Подп. и дата			
Инб. № подл.			

ФЮРА.425280.001.АТХ-СБ-01					
Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией					
Изм.	Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата	
Разработал				28.11.2017	
Проверил	Громаков			28.11.2017	
Дожимная насосная станция					Стадия
					Лист
					Листов
Схема принципиальная технологическая					НИ ТПУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ



Условные обозначения и сокращения

- Ethernet
- Интерфейс обмена данными контроллерного оборудования
- RS-485 (Modbus RTU)
- DI (СК, 24VDC, 220VAC)
- DO (СК, 24VDC, 220VAC)
- AI, 4-20 mA, HART
- AI, 4-20 mA, HART, Exi

- АРМ Автоматизированное рабочее место
- ИБП Источник бесперебойного питания
- АКБ Аккумуляторная батарея
- УЗИП Устройство защиты от помех и импульсных перенапряжений
- И/б Искробезопасный
- БД База данных

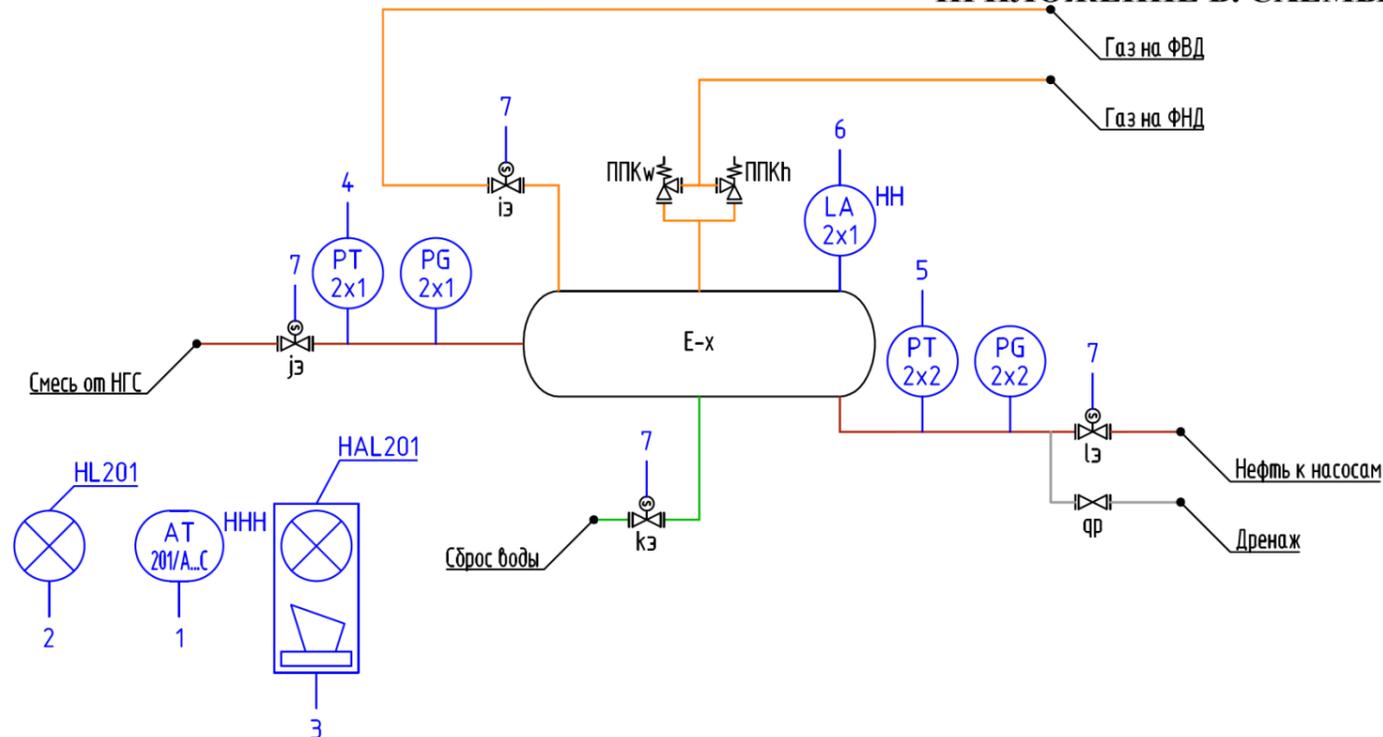
Согласовано	
Взам. инб. №	
Подп. и дата	
Инф. № подл.	

ФЮРА.425280.001.АТХ-С2-01

Автоматизированная система управления
дожимной насосной станции

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
Разработал					28.11.2017	Дожимная насосная станция	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Громаков			28.11.2017	П		1		
Схема функциональной структуры							НИ ТПУ		

ПРИЛОЖЕНИЕ В. СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

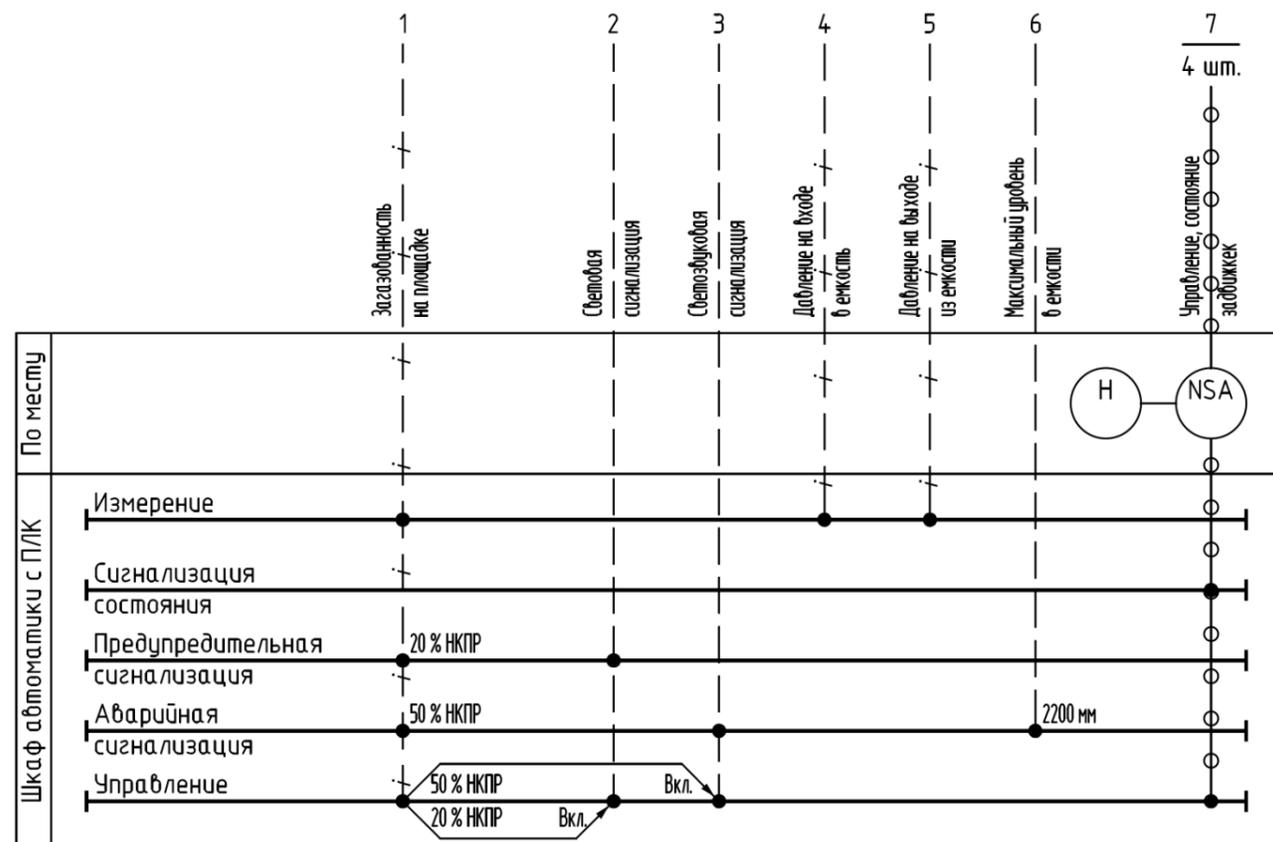


Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Оборудование, предусмотренное для одной сепарационной емкости		
PT2x1, PT2x2	Датчик избыточного давления	2	
PG2x1, PG2x2	Манометр показывающий	2	
LA2x1	Вибрационный сигнализатор уровня	1	
	Оборудование, предусмотренное для площадки сепарационных емкостей		
AT201/A...C	Оптический газоанализатор. Предел измерений от 0 до 100 % НКПР	3	
HL201	Световой сигнализатор	1	
HAL201	Светозвуковой сигнализатор	1	

Таблица применимости

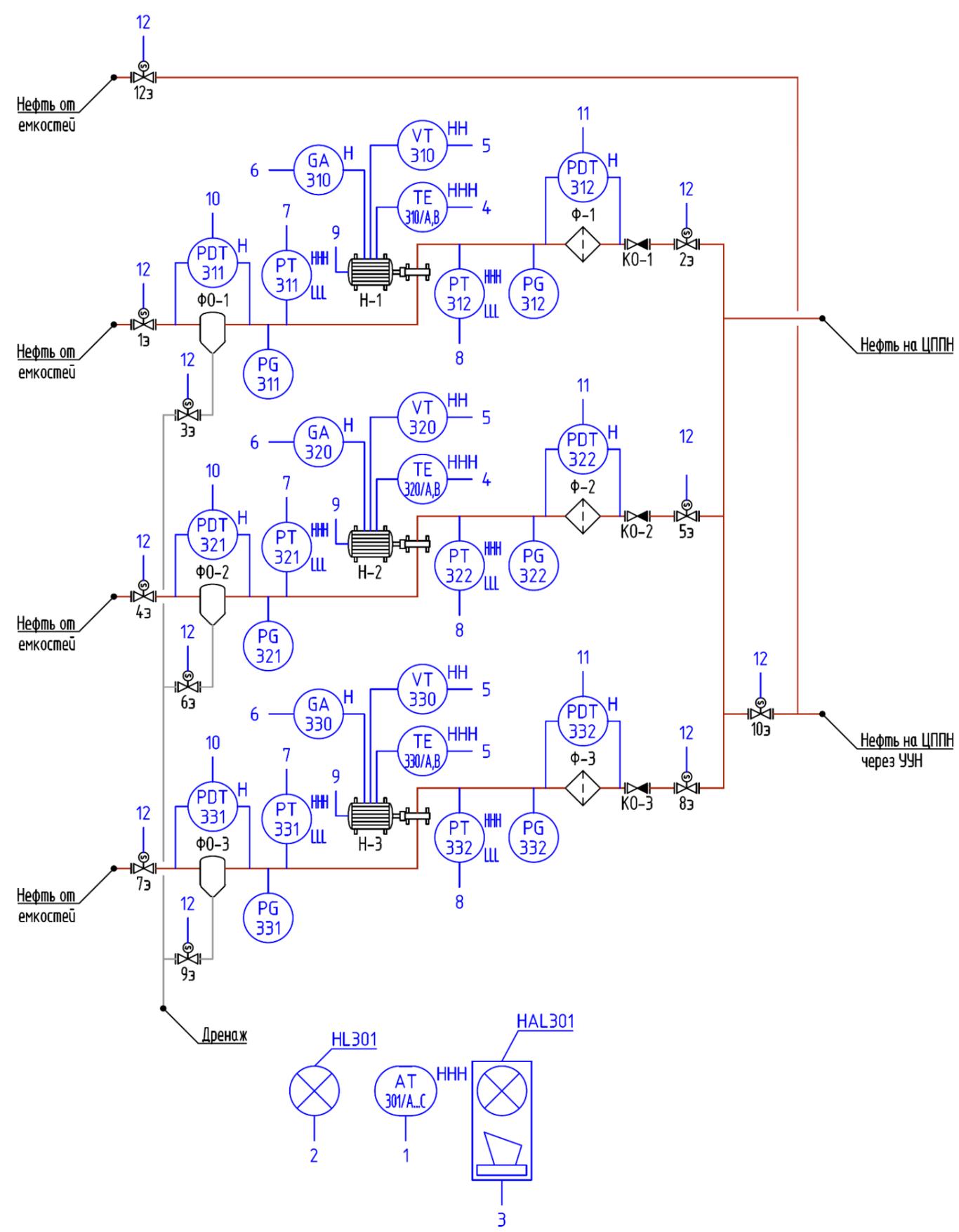
Емкость	Индекс "x"	Индекс "h"	Индекс "i"	Индекс "j"	Индекс "k"	Индекс "l"	Индекс "q"	Индекс "w"
E-1	1	2	36	20	48	45	47	1
E-2	2	4	38	21	49	43	44	3
E-3	3	6	40	22	50	41	42	5

Согласовано	
Взам. инб. №	
Подп. и дата	
Инб. № подл.	



- 1 Датчики загазованности AT201/A...C предусмотрены для площадки сепарационных емкостей в кол-ве – 3 шт.
- 2 Световой сигнализатор HL201 предусмотрен для площадки сепарационных емкостей в кол-ве – 1 шт.
- 3 Светозвуковой сигнализатор HAL201 предусмотрен для площадки сепарационных емкостей в кол-ве – 1 шт.
- 4 Схема автоматизации выполнена для одной сепарационной емкости, всего емкостей – 3 шт.
- 5 В позициях приборов и оборудования индексы "x", "h", "i", "j", "k", "l", "q", "w" заменять на номер, обозначение согласно таблице применимости.

ФЮРА.425280.001.АТХ-СЗ-01				
Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией				
Изм.	Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата
Разработал				28.11.2017
Проверил	Громаков			28.11.2017
Дожимная насосная станция			Стадия	Лист
			П	1
Сепарационные емкости E-1...3. Схема автоматизации			НИ ТПУ	



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Оборудование, предусматриваемое для площадки насосных агрегатов		
РТ311, РТ312,	Датчик избыточного давления	6	
РТ321, РТ322,			
РТ331, РТ332			
РГ311, РГ312,	Манометр показывающий	6	
РГ321, РГ322,			
РГ331, РГ332			
РДТ311, РДТ312,	Датчик дифференциального давления	6	
РДТ321, РДТ322,			
РДТ331, РДТ332			
АТ301/А...С	Оптический газоанализатор. Предел измерений от 0 до 100 % НКПР	3	
НЛ301	Световой сигнализатор	1	
НАЛ301	Светозвуковой сигнализатор	1	
	Оборудование, поставляемое комплектно с насосными агрегатами		
ТЕ310/А,В,	Термопреобразователь сопротивления платиновый	6	комплектно с насосом
ТЕ320/А,В,			
ТЕ330/А,В			
VT310,	Вибропреобразователь пьезоэлектрический с предусилителем	3	комплектно с насосом
VT320			
VT330			
GA310,	Концевой выключатель	3	комплектно с насосом
GA320			
GA330			

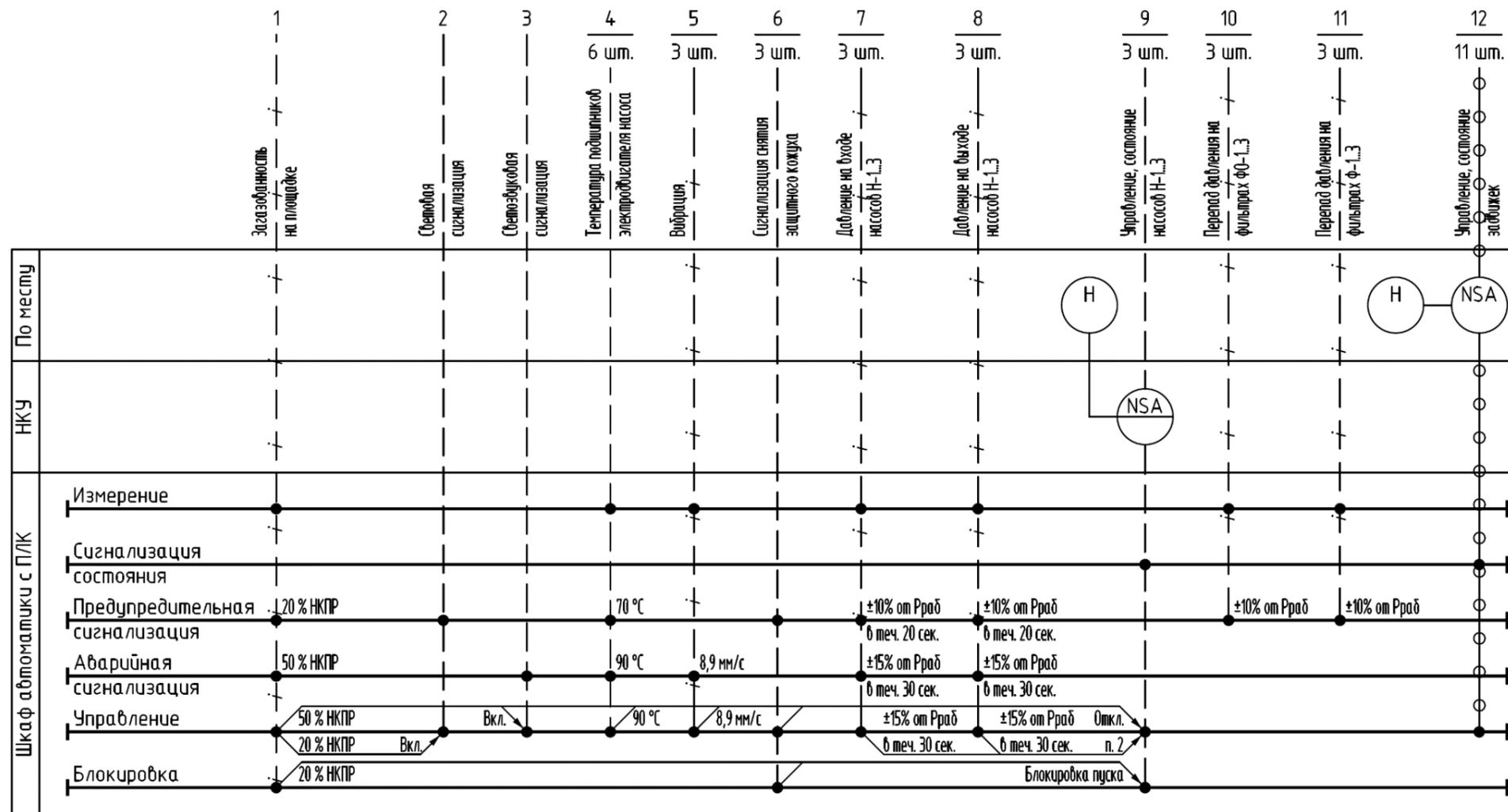
1 Смотреть совместно с листом 2.
 2 Автоматический останов рабочего насоса, пуск резервного насоса.

Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ФЮРА.425280.001.АТХ-СЗ-02

Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Дожимная насосная станция	Стадия	Лист	Листов
Разработал					28.11.2017		П	1	2
Проверил		Громаков			28.11.2017				
Насосные агрегаты Н-1...3. Схема автоматизации (начало)							НИ ТПУ		

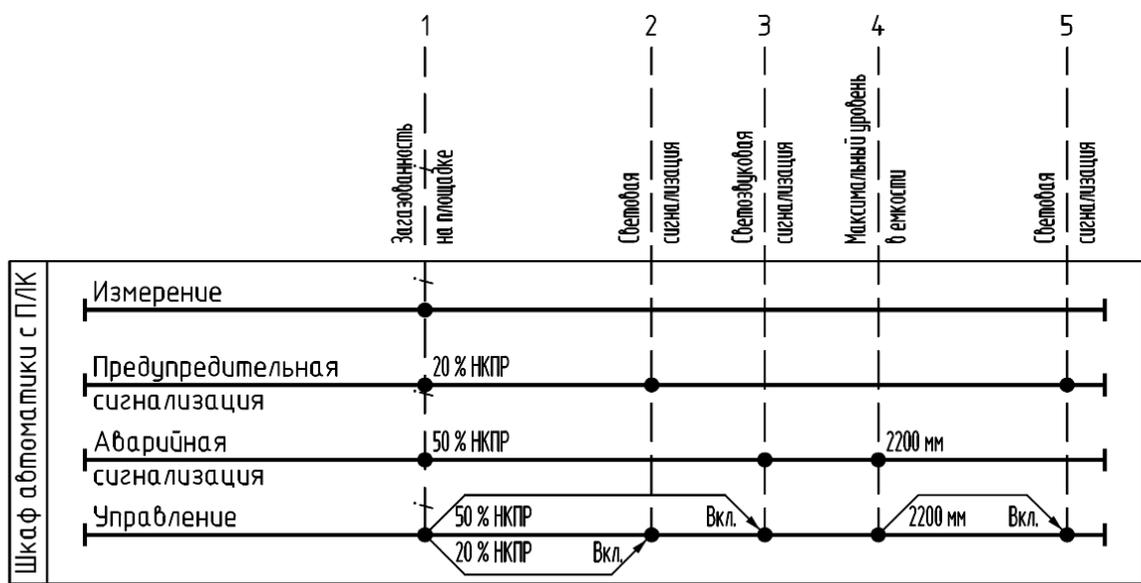
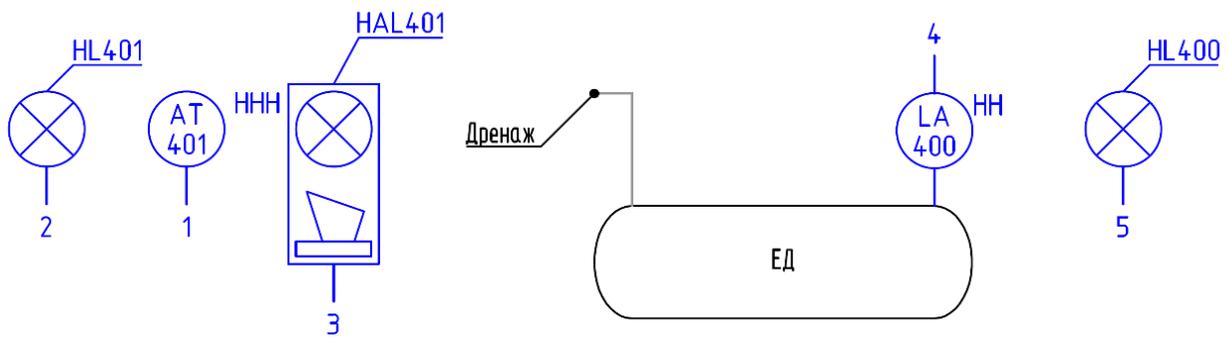


1 Смотреть совместно с листом 1.

Согласовано			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			

ФЮРА.425280.001.АТХ-СЗ-02					
Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					28.11.2017
Проверил	Громаков				28.11.2017
Дожимная насосная станция				Стадия	Лист
				П	2
Насосные агрегаты Н-1...3. Схема автоматизации (окончание)				НИ ТПУ	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Оборудование, предусматриваемое для емкости дренажной</u>		
LA400	Вибрационный сигнализатор уровня	1	
AT401	Оптический газоанализатор. Предел измерений от 0 до 100 % НКПР	1	
HL400, HL401	Световой сигнализатор	2	
HAL401	Светозвуковой сигнализатор	1	



Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

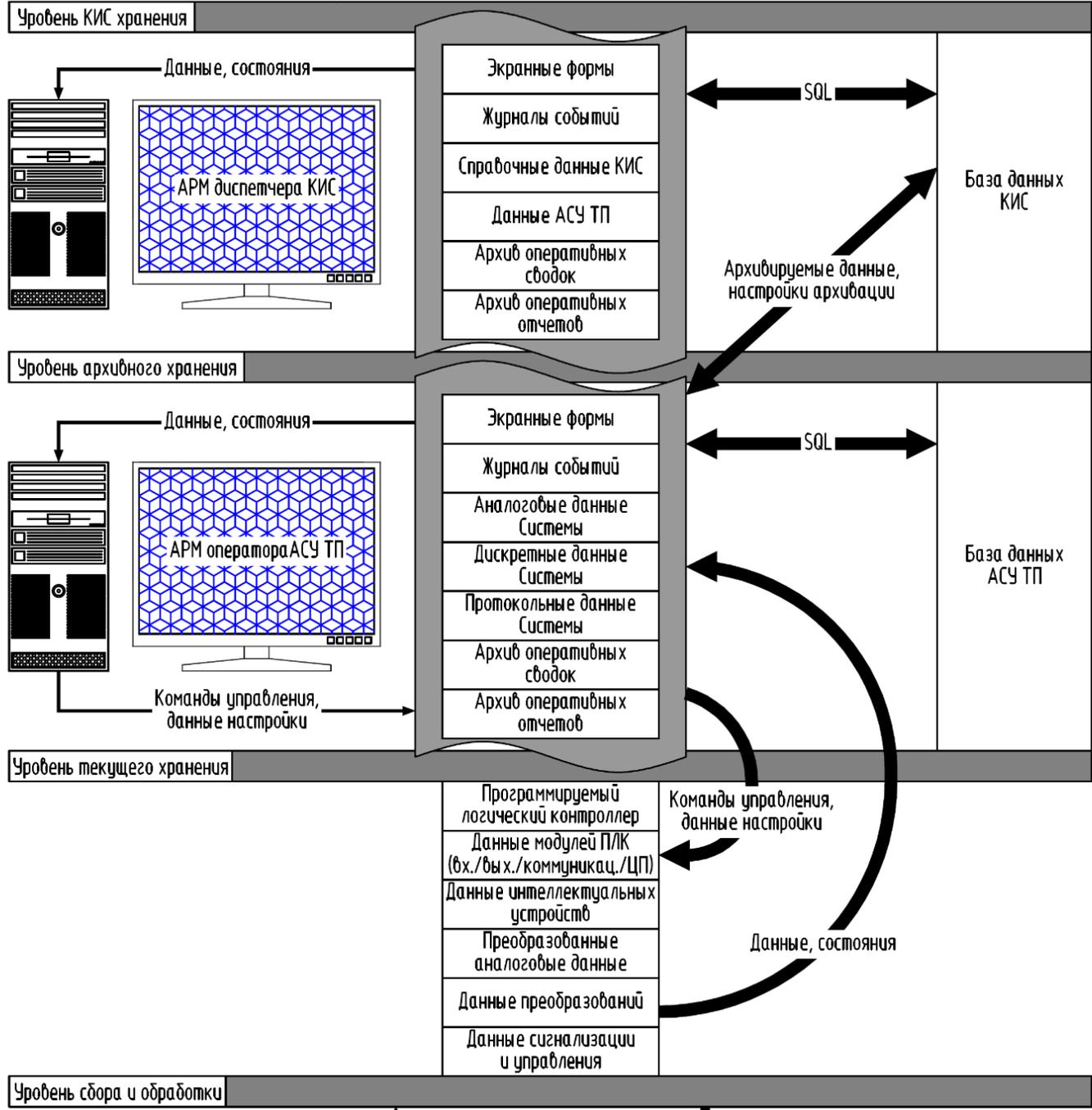
ФЮРА.425280.001.АТХ-СЗ-03

Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					28.11.2017
Проверил		Громаков			28.11.2017

Дожимная насосная станция	Стадия	Лист	Листов
	П	1	
Емкость дренажная ЕД. Схема автоматизации	НИ ТПУ		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СХЕМА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ



Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.425280.001.АТХ-СБ-02

Автоматизированная система управления
дожимной насосной станции

Изм.	Кол. уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					28.11.2017
Проверил	Громаков				28.11.2017

Дожимная насосная станция

Стадия	Лист	Листов
П	1	

Схема принципиальная
информационных потоков

НИ ТПУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ВНЕШНИХ ПРОВОДОВ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
6	Отборное устройство давления прямое ЗК51246464-015-2-2014.	4	см. п. 4
	Резьба М20х1,5. Давление до 10 МПа. Температура до 200 °С		
33	Кабельный ввод	10	Комплект прибора, см. п. 4
58	Проводник заземляющий, L=750 мм	14	см. п. 4
59	Полоса стальная 4x25 ГОСТ 103-2006 / ВстЭнсб ГОСТ 535-2005	21	м, см. п. 4
61	Соединитель металлорукав-короб, Ду15	10	см. п. 4
68	Рукав металлический, Ду15	15	м, см. п. 4
-	Кабель Тип А 4x1,0	980	м, см. п. 4
-	Кабель Тип В 4x1,0	495	м, см. п. 4
-	Кабель Тип С 2x2x1,0	540	м, см. п. 4
33	Кабельный ввод	5	Комплект прибора, см. п. 5
58	Проводник заземляющий, L=750 мм	14	см. п. 5
59	Полоса стальная 4x25 ГОСТ 103-2006 / ВстЭнсб ГОСТ 535-2005	21	м, см. п. 5
61	Соединитель металлорукав-короб, Ду15	5	см. п. 5
68	Рукав металлический, Ду15	10	м, см. п. 5
-	Кабель Тип А 4x1,0	1470	м, см. п. 5
-	Кабель Тип В 4x1,0	980	м, см. п. 5

- 1 Позиционное обозначение приборов соответствует схемам автоматизации (см. приложение В).
- 2 До нарезки кабелей, металлорукава и труб длину уточнить по месту.
- 3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.
- 4 Материалы учтены для одной сепарационной емкости, всего емкостей – 3 шт.
- 5 Материалы учтены для датчиков загазованности, светового и светозвукового сигнализаторов на площадке емкостей сепарационных.
- 6 В позициях приборов и оборудования индексы "х", "i", "j", "к", "l" заменять на номер, обозначение согласно таблице применимости.

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-01

Автоматизированная система управления
дожимной насосной станцией

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов	
Разработал					28.11.2017	Дожимная насосная станция	П	1	3
Проверил	Громаков				28.11.2017				
						Сепарационные емкости Е-1...3. Схема соединений внешних проводов (начало)			
						НИ ТПУ			

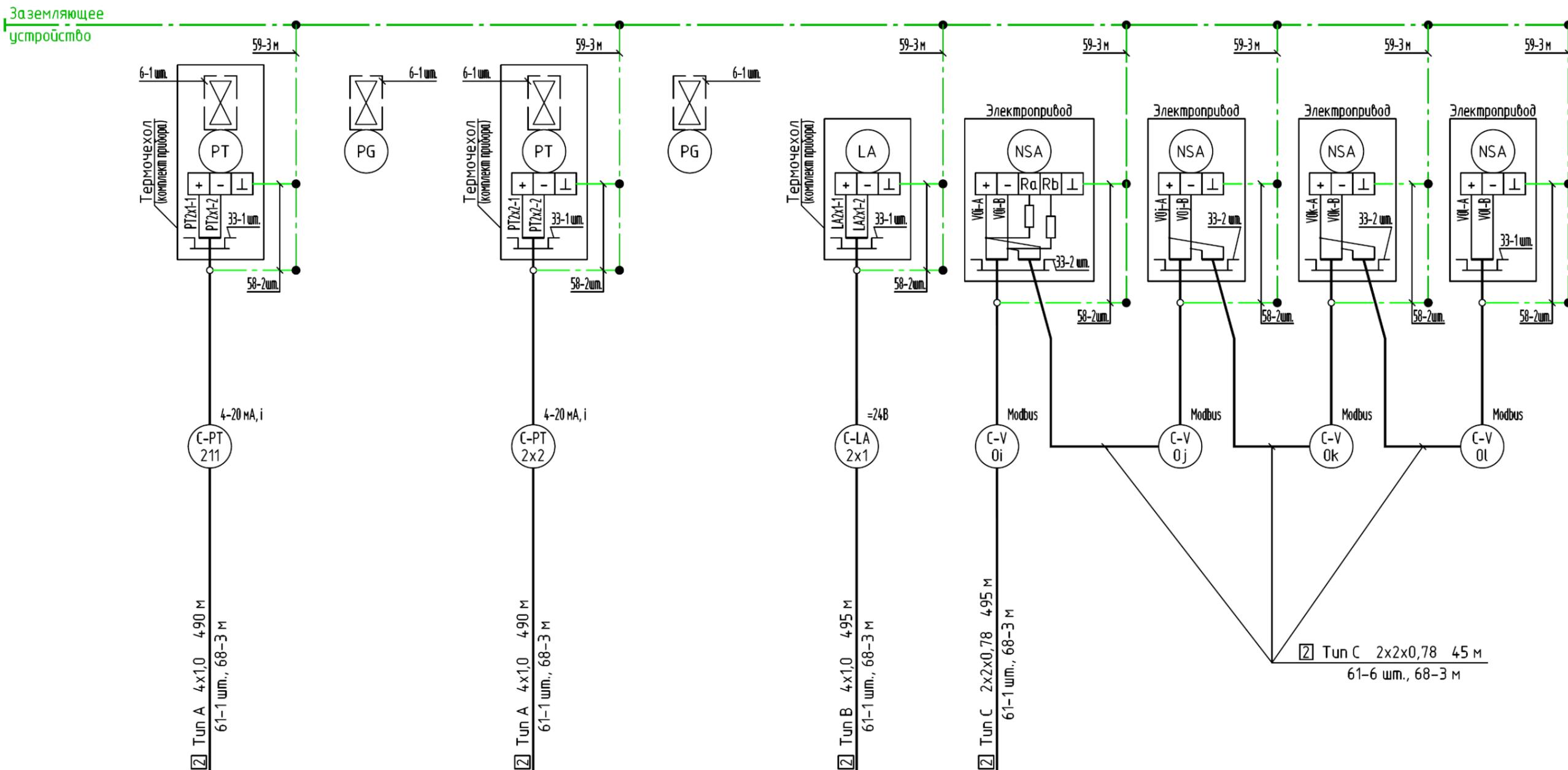
Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Наименование параметра и место отбора импульса	Емкость сепарационная Е-х								
	Давление на входе в сепарационную емкость		Давление на выходе из сепарационной емкости		Максимальный уровень в сепарационной емкости	Электропривод задвижки із	Электропривод задвижки јз	Электропривод задвижки кз	Электропривод задвижки лз
Обозначение чертежа установки	-		-		-	-	-	-	-
Поз. обозначение	PT2x1	PG2x1	PT2x2	PG2x2	LA2x1	-	-	-	-



Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

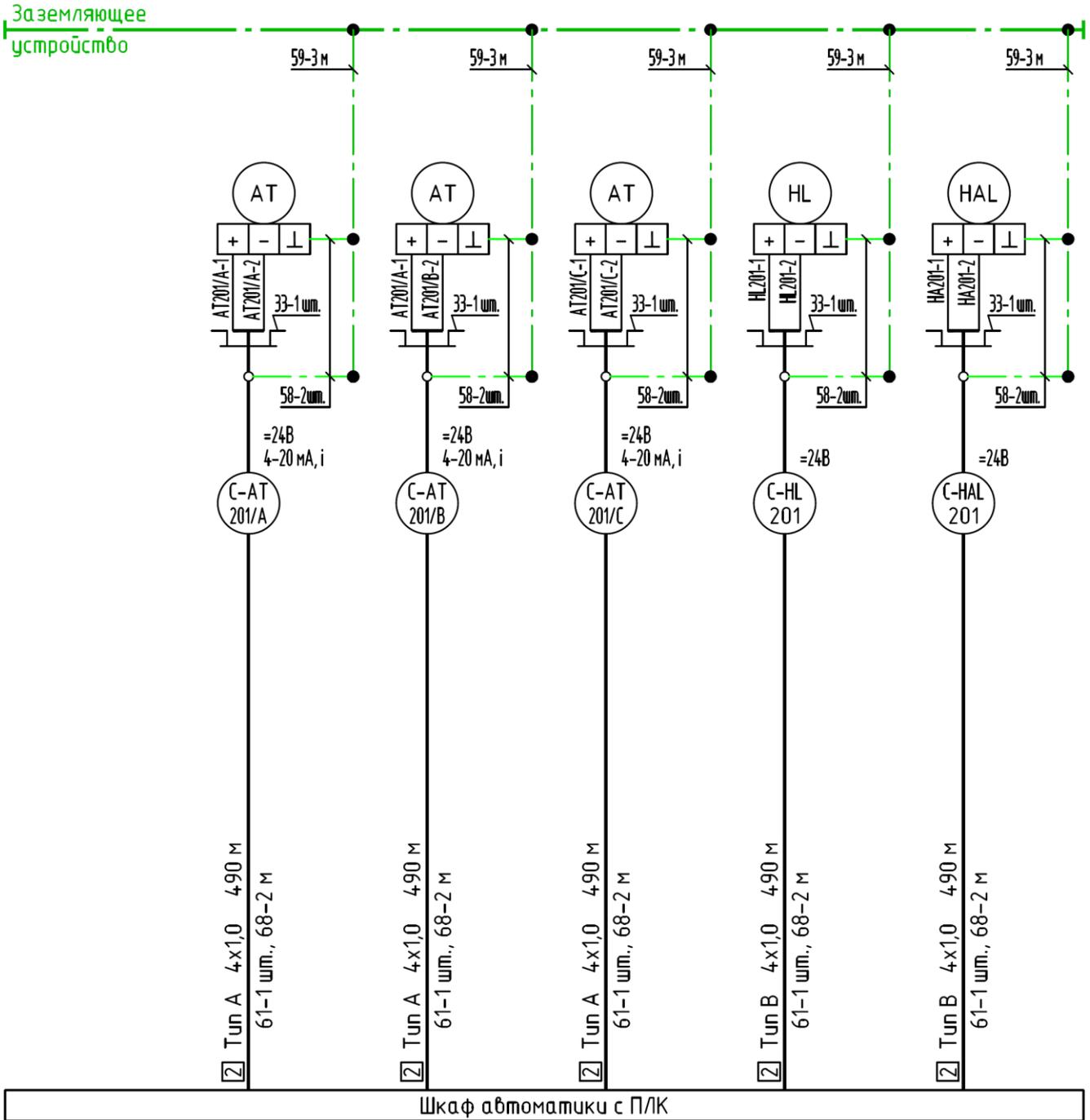
Шкаф автоматики с ПЛК

Таблица применимости

Емкость	Индекс "х"	Индекс "i"	Индекс "j"	Индекс "k"	Индекс "l"
Е-1	1	36	20	48	45
Е-2	2	38	21	49	43
Е-3	3	40	22	50	41

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-01					
Автоматизированная система управления дожимной насосной станции					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					28.11.2017
Проверил	Громаков				28.11.2017
Дожимная насосная станция				Стадия	Лист
				П	2
Сепарационные емкости Е-1...3. Схема соединений внешних проводок (продолжение)				НИ ТПУ	

Наименование параметра и место отбора импульса	Загазованность на площадке сепарационных емкостей				
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Световая сигнализация	Светозвуковая сигнализация
Обозначение чертежа установки	-	-	-	-	-
Поз. обозначение	AT201/A	AT201/B	AT201/C	HL201	HAL201



Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-01				
Автоматизированная система управления дожимной насосной станции				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.
Разработал				28.11.2017
Проверил	Громаков			28.11.2017
Дожимная насосная станция			Стадия	Лист
			П	3
Сепарационные емкости Е-1...3. Схема соединений внешних проводок (окончание)			НИ ТПУ	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
6	Отборное устройство давления прямое ЗК51246464-015-2-2014.	8	см. п. 4
	Резьба М20х1,5. Давление до 10 МПа. Температура до 200 °С		
33	Кабельный ввод	13	Комплект прибора, см. п. 4
58	Проводник заземляющий, L=750 мм	22	см. п. 4
59	Полоса стальная 4x25 ГОСТ 103-2006 / ВстЭнсб ГОСТ 535-2005	33	м, см. п. 4
61	Соединитель металлорукав-короб, Ду15	13	см. п. 4
68	Рукав металлический, Ду15	21	м, см. п. 4
-	Кабель Тип А 4x1,0	2930	м, см. п. 4
-	Кабель Тип В 4x1,0	390	м, см. п. 4
-	Кабель Тип С 2x2x1,0	430	м, см. п. 4
33	Кабельный ввод	8	Комплект прибора, см. п. 5
58	Проводник заземляющий, L=750 мм	10	см. п. 5
59	Полоса стальная 4x25 ГОСТ 103-2006 / ВстЭнсб ГОСТ 535-2005	15	м, см. п. 5
61	Соединитель металлорукав-короб, Ду15	8	см. п. 5
68	Рукав металлический, Ду15	14	м, см. п. 5
-	Кабель Тип А 4x1,0	1170	м, см. п. 5
-	Кабель Тип В 4x1,0	780	м, см. п. 5
-	Кабель Тип С 2x2x1,0	460	м, см. п. 5

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

- 1 Позиционное обозначение приборов соответствует схемам автоматизации (см. приложение В).
- 2 До нарезки кабелей, металлорукава и труб длину уточнить по месту.
- 3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.
- 4 Материалы учтены для одного насосного агрегата, всего насосов – 3 шт.
- 5 Материалы учтены для датчиков загазованности, светового и светозвукового сигнализаторов на площадке насосных агрегатов, а также электроприводных задвижек 10э, 12э.
- 6 В позициях приборов и оборудования индекс "х" заменять на номер насосного агрегата.
- 7 В позициях приборов и оборудования индексы "i", "j", "k" заменять на номер, обозначение согласно таблице применимости.

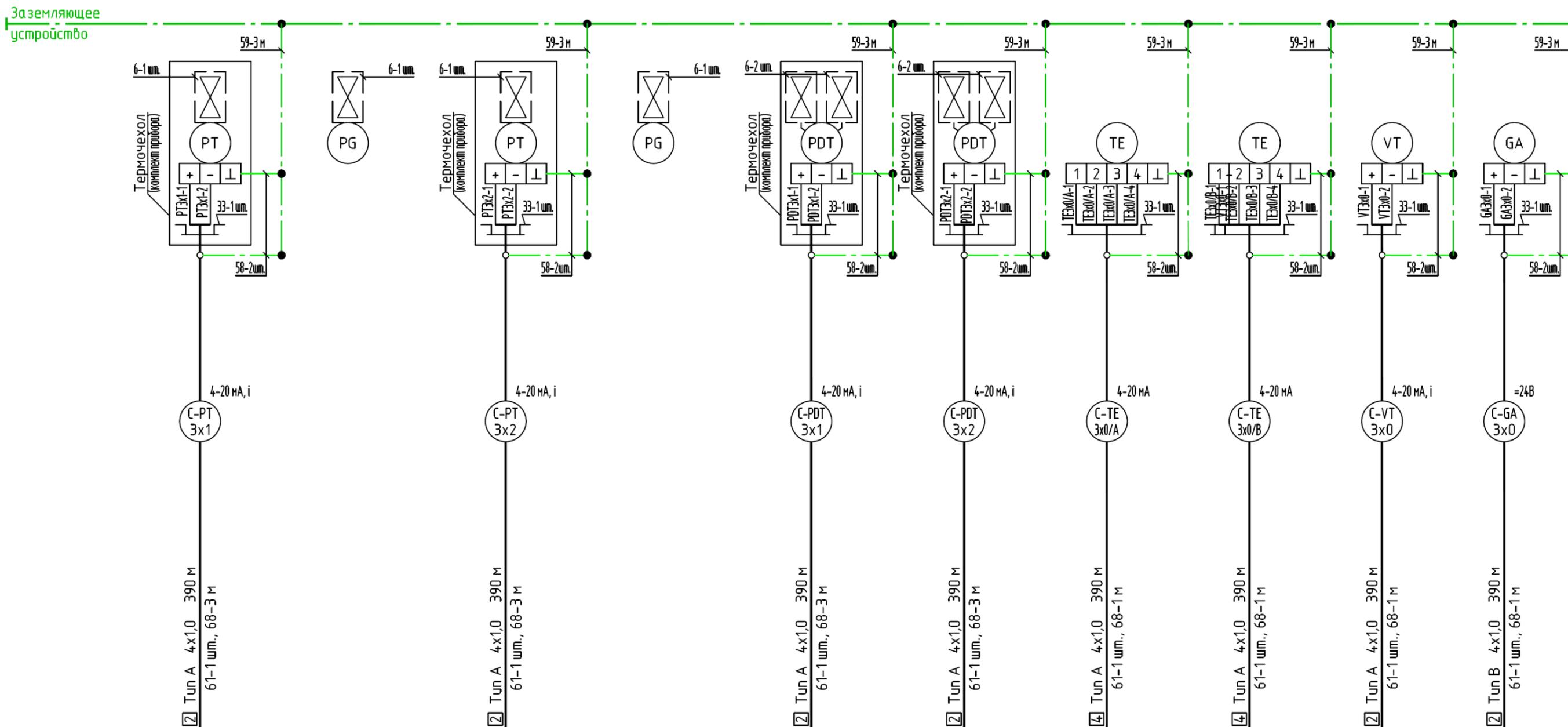
ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-02

Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал					28.11.2017
Проверил	Громаков				28.11.2017

Дожимная насосная станция	Стадия	Лист	Листов
	П	1	3
Насосные агрегаты Н-1...3. Схема соединений внешних проводок (начало)		НИ ТПУ	

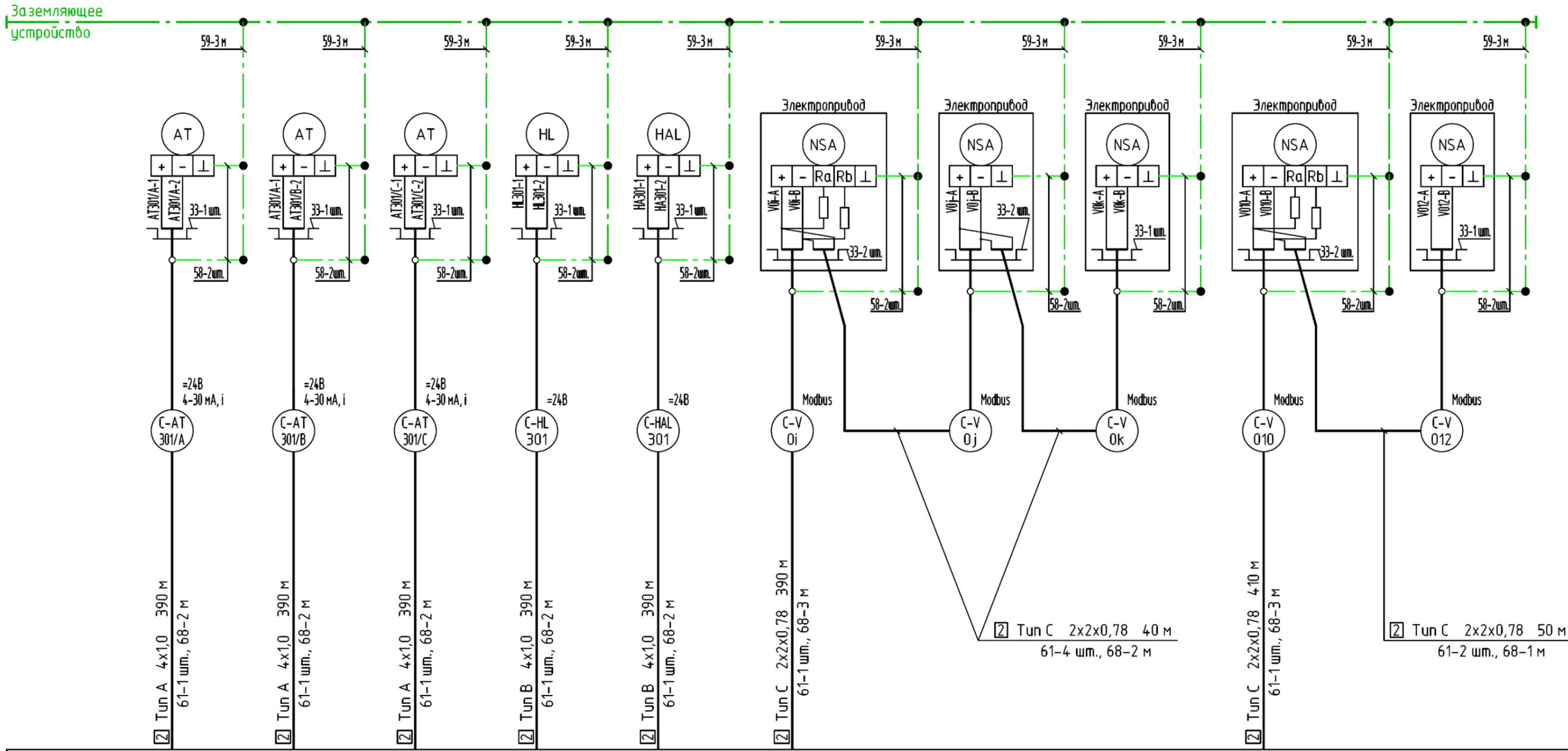
Наименование параметра и место отбора импульса	Насосный агрегат Н-х									
	Давление на входе насоса		Давление на выходе насоса		Перепад давления на фильтре Ф0-х	Перепад давления на фильтре Ф-х	Температура подшипников электродвигателя насоса		Вибрация	Снятие защитного кожуха
Обозначение чертежа установки	-		-		-	-	-		-	-
Поз. обозначение	PT3x1	PG3x1	PT3x2	PG3x2	PDT3x1	PDT3x2	TE3x0/A	TE3x0/B	VT3x0	GA3x0



Согласовано	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-02						
Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией						
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разработал					28.11.2017	
Проверил	Громаков				28.11.2017	
Дожимная насосная станция				Стадия	Лист	Листов
				П	2	
Насосные агрегаты Н-1...3. Схема соединений внешних проводок (продолжение)				НИ ТПУ		

Наименование параметра и место отбора импульса	Загазованность на площадке насосных агрегатов					Площадка насосных агрегатов				
	Точка 1	Точка 2	Точка 2	Световая сигнализация	Светозвуковая сигнализация	Электроприбор задвижки із	Электроприбор задвижки јэ	Электроприбор задвижки кэ	Электроприбор задвижки 10э	Электроприбор задвижки 12э
Обозначение чертежа установки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Поз. обозначение	АТ301/А	АТ301/В	АТ301/С	HL301	HAL301	-	-	-	-	-



Согласовано	
Взам. инб. №	
Подп. и дата	
Инб. № подл.	

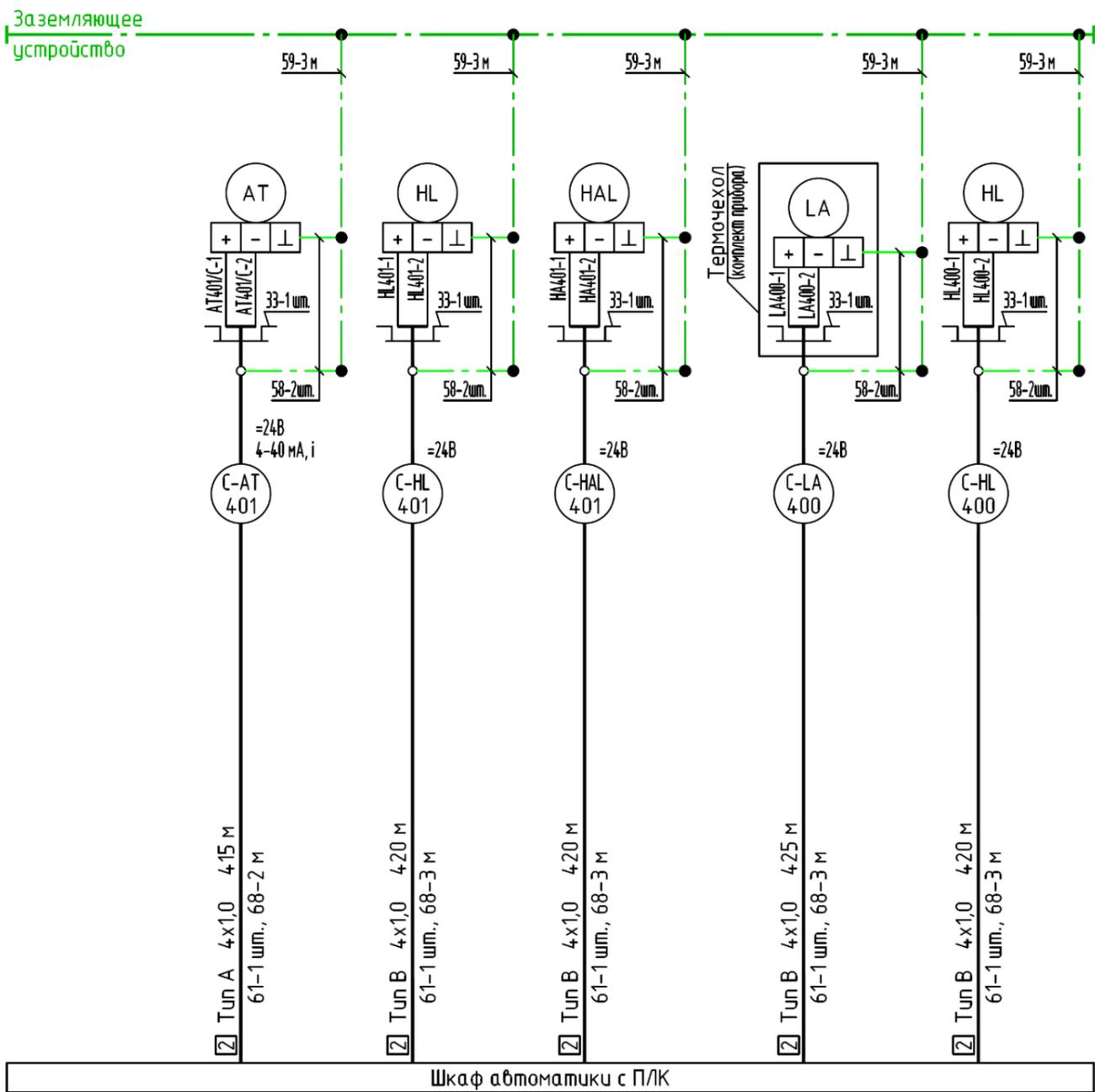
Шкаф автоматики с ПЛК

Таблица применимости

Насосный агрегат	Индекс "i"	Индекс "j"	Индекс "k"
Н-1	1	2	3
Н-2	4	5	6
Н-3	7	8	9

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-02				
Автоматизированная система управления дожимной насосной станцией				
Изм.	Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата
Разработал				28.11.2017
Проверил	Громаков			28.11.2017
Дожимная насосная станция			Стадия	Лист
			П	3
Насосные агрегаты Н-1...3. Схема соединений внешних проводов (окончание)			НИ ТПУ	

Наименование параметра и место отбора импульса	Загазованность на площадке емкости дренажной			Уровень жидкости в емкости дренажной	
	Загазованность	Световая сигнализация	Светозвуковая сигнализация	Максимальный уровень в дренажной емкости	Световая сигнализация
Обозначение чертежа установки	-	-	-	-	-
Поз. обозначение	AT401	HL401	HAL401	LA400	HL400



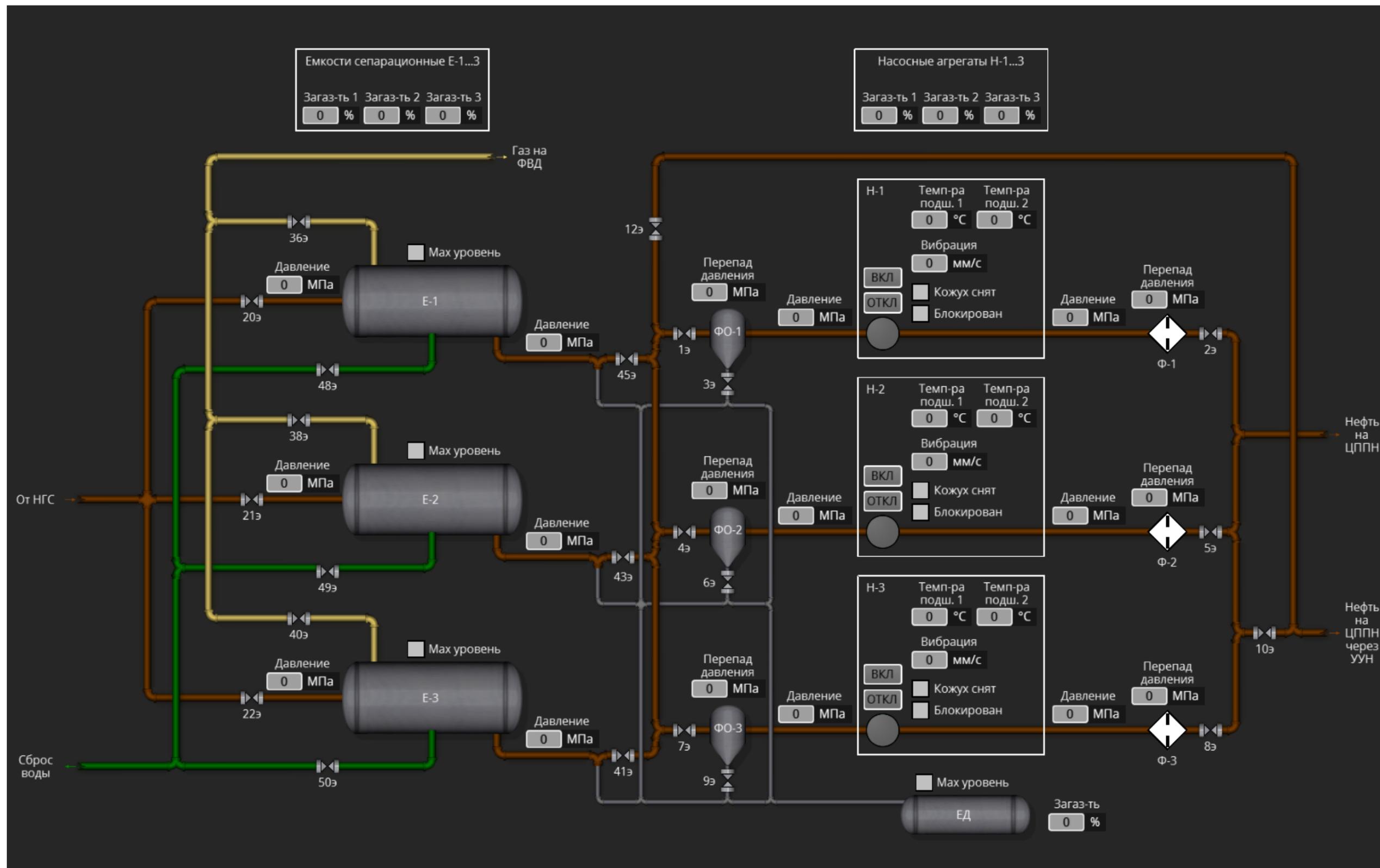
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
33	Кабельный ввод	5	Комплект прибора
58	Проводник заземляющий, L=750 мм	10	
59	Полоса стальная 4x25 ГОСТ 103-2006 / ВстЭпс6 ГОСТ 535-2005	15 м	
61	Соединитель металлорукав-короб, Ду15	5	
68	Рукав металлический, Ду15	14 м	
-	Кабель Тип А 4x1,0	415 м	
-	Кабель Тип В 4x1,0	1685 м	

- 1 Позиционное обозначение приборов соответствует схемам автоматизации (см. приложение В).
- 2 До нарезки кабелей, металлорукава и труб длину уточнить по месту.
- 3 При монтаже руководствоваться требованиями СП 77.13330.2016, ПУЭ и инструкциями по монтажу на соответствующие приборы и оборудование.

Согласовано	
Взам. инб. №	
Подп. и дата	
Инб. № подл.	

ФЮРА.425280.001.АТХ-С4-03						
Автоматизированная система управления дожимной насосной станции						
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разработал					28.11.2017	
Проверил	Громаков				28.11.2017	
Дожимная насосная станция				Стадия	Лист	Листов
				П	1	
Емкость дренажная ЕД. Схема соединений внешних проводов				НИ ТПУ		

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ЧЕРТЕЖ ВИДЕОКАДРА ДНС



Согласовано
Взам. инб. №
Подп. и дата
Инб. № подл.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ФЮРА.425280.001.АТХ-С9-01	Стадия	Лист	Листов
Разработал					28.11.2017		П	1	
Проверил			Громаков		28.11.2017		НИ ТПУ		
Чертеж видеокдра									