

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
Разработка автоматизированной системы управления станка-качалки насоса

УДК 681.51:004.896:622.276.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т52	Тулаев Азамат Абдусаматович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Литвинов Рудольф Викторович	к.ф.-м.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Погадаева Екатерина Юрьевна			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

## 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.

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – 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
3-8Т52	Тулаев Азамат Абдусаматович

Тема работы:

<b>Разработка автоматизированной системы управления станка-качалки насоса</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-64/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></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 станок-качалка насос. Режим работы непрерывный.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание технологического процесса</li> <li>2 Выбор архитектуры АС</li> <li>3 Разработка структурной схемы АС</li> <li>4 Функциональная схема автоматизации</li> <li>5 Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6 Выбор средств реализации АС</li> <li>7 Разработка схемы соединения внешних проводок</li> <li>8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>9 Разработка экранных форм АС</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio</li> <li>2 Перечень входных/выходных сигналов ТП</li> <li>3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab</li> <li>6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма</li> <li>7 Дерево экранных форм</li> <li>8 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</li> <li>9 Обобщенная структура управления АС</li> <li>10 Трехуровневая структура АС</li> </ol>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент ООД ШБИП Матвиенко Владимир Владиславович</p>

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Литвинов Рудольф Викторович</p>	<p>к.ф.-м.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-8Т52</p>	<p>Тулаев Азамат Абдусаматович</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т52	Тулаеву Азамату Абдусаматовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологически 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	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (с.м. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$ )

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	07.04.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н., доцент		27.02.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т52	Тулаев Азамат Абдусаматович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Тулаеву Азамату Абдусаматовичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологически процессов и производств

Тема ВКР:

Модернизация системы автоматического управления штангово-глубинного насоса

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (рабочая зона) и области его применения

*Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Область применения автоматизация в нефтегазовой отрасли. Объектом исследования является штангово-глубинный насос*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:**

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

**2. Производственная безопасность:**

2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов  
2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

- Отклонение показателей микроклимата;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Повышенный уровень шума;
- Повышенный уровень вибрации;
- Загазованность рабочей зоны;
- Поражение электрическим током.

**3. Экологическая безопасность:**

- Воздействие на атмосферу, выбросы вредных веществ.

**4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:**

- Пожар;
- Взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.04.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Тулаев Азамат Абдусаматович		

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования – бакалавриат

Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2020 г.	Основная часть	60
10.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
10.05.2020 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Литвинов Рудольф Викторович	к.ф-м.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 95 страниц машинописного текста, 25 таблиц, 20 рисунков, 1 список использованных источников из 16 наименований, 9 приложений.

Штанговый глубинный насос, электродвигатель, штанга, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, программируемый контроллер, SCADA-система.

Объектом исследования является станок-качалка-насос.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления штанговым глубинным насосом с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Allen-Bredley SLC500, с применением SCADA-системы Trace Mode 6.09.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.



## Оглавление

Термины и определения .....	12
Обозначения и сокращения .....	16
Введение.....	17
1 Проектирование автоматизированной системы управления .....	18
1.1 Описание технологического процесса .....	18
1.2 Разработка технического задания автоматизированной системы.....	19
2 Проектирование автоматизированной системы ШГН.....	21
2.1 Выбор архитектуры автоматической системы.....	21
2.2 Разработка структурной схемы автоматизированной системы.....	22
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	24
2.3.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13 .....	24
2.4 Разработка схемы информационных потоков.....	25
2.5 Выбор средств реализации .....	25
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования.....	26
2.5.2 Выбор датчиков.....	28
2.6 Выбор исполнительных механизмов.....	38
2.7 Разработка схемы внешних проводок .....	40
2.8 Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы .....	41
2.9 Экранные формы АС.....	45
2.9.1 Разработка дерева экранных форм .....	45
2.9.2 Разработка экранных форм автоматизированной системы станка-качалки насоса .....	46
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение .....	48
3.1 Организация и планирование работ .....	48
3.1.1 Продолжительность этапов работ.....	50
3.2 Расчет затрат на выполнение проекта .....	51
3.2.1 Расчёт затрат на материалы.....	52
3.2.2 Расчет заработной платы.....	53
3.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	54

3.2.4	Расчет затрат на электроэнергию.....	54
3.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	55
3.2.7	Расчет прочих расходов.....	56
3.2.7	Расчет общей себестоимости.....	57
3.2.8	Расчет прибыли.....	57
3.2.9	Расчет налога на добавленную стоимость.....	57
3.2.10	Цена разработки научно-исследовательской работы.....	58
3.3	Оценка экономической эффективности проекта .....	58
3.3.1	Определение срока окупаемости инвестиций.....	58
4	Социальная ответственность .....	59
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	59
4.1.1	Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	59
4.2	Производственная безопасность.....	62
4.2.1	Отклонения показателей микроклимата .....	63
4.2.2	Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света .....	66
4.2.3	Повышенный уровень шума.....	67
4.2.4	Электробезопасность .....	68
4.2.5	Электромагнитное излучение.....	69
4.2.6	Уровень вибрации.....	70
4.2.7	Повышенный уровень загазованности .....	71
4.3	Экологическая безопасность .....	72
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	74
4.3.1	Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований.....	74
4.3.2	Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.....	75
4.3.3	Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации.....	75
	Заключение.....	78

Список использованных источников .....	79
Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации упрощенного типа....	81
Приложение Б (обязательное) Техническое задание.....	82
Приложение В (обязательное) Обобщенная структурная схема .....	88
Приложение Г (обязательное) Трехуровневая структурная схема .....	89
Приложение Д (обязательное) Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13...90	
Приложение Е (обязательное) Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA .....	91
Приложение Ж (обязательное) Схема информационных потоков .....	92
Приложение З (обязательное) Схема внешних проводок .....	93
Приложение И (обязательное) Алгоритм сбора данных .....	94
Приложение К (обязательное) Мнемосхема .....	95

## Термины и определения

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система (АС):** это комплекс аппаратных и программных средств, 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–232C, RS–422, RS–485, CAN):** это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой;

**видеокадр:** это область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.;

**мнемосхема:** это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ;

**мнемознак (мнемосимвол):** это представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

**интерфейс оператора:** это совокупность аппаратно–программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой;

**профиль АС:** Понятие «профиль» определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, MacOS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM

(OpenSystemEnvironment/ReferenceModel), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000–3–99

**протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, ProfibusDP, ModbusRTU, Modbus +, CAN, DeviceNet):** это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами;

**техническое задание на АС (ТЗ):** Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы;

**технологический процесс (ТП):** последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов);

**СУБД:** Система управления базами данных это – совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным;

**архитектура АС:** Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС;

**SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных):** Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

**OPC–сервер:** это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC;

**объект управления:** обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления;

**программируемый логический контроллер (ПЛК):** специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода–вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени;

**диспетчерский пункт (ДП):** центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства;

**автоматизированное рабочее место (АРМ):** программно–технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA–системы;

**тег:** метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры;

**корпоративная информационная система (КИС):** Корпоративная информационная система – это масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления;

**автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП):** комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на

производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённый продукт;

**пропорционально–интегрально–дифференциальный (ПИД) регулятор:** устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД–регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения;

**modbus:** это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент–сервер».

## Обозначения и сокращения

В представленной работе используются следующие сокращения:

PLC (Programmable Logic Controllers) программируемые логические контроллеры (ПЛК);

ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America) американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей;

IP (International Protection)- степень защиты;

КИПиА- контрольно–измерительные приборы и автоматика;

САР- система автоматического регулирования;

ПО- программное обеспечение;

ГЖС- газожидкостная смесь;

ИМ- исполнительный механизм;

АРМ- автоматизированное рабочее место;

БД- база данных.



## Введение

Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли является одним из прогрессирующих направлений в области автоматизации. Под автоматизацией понимается применение комплекса аппаратно-технических средств, экономико-математических средств, систем управления, которые частично освобождают человека от участия в повторяющихся или циклических процессах, или от иного труда. В выпускной квалификационной работе будет рассмотрена автоматизация системы управления штангового глубинного насоса (ШГН), который входит в состав станка-качалки насоса (СКН). Для этого в первую очередь составляется техническое задание, согласно, которому рассматривается технологический процесс работы ШГН, структура автоматизированной системы, идет подбор комплекса аппаратно-технических средств, реализация алгоритмов, подбор и реализация программного обеспечения, а также моделирование самого технологического процесса.

Целями выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированной системы управления штангового глубинного насоса.

Для выполнения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать правильно техническое задание, исходя из которого необходимо правильно подбирать технически и программные средства реализации;
- подобрать необходимый математический пакет и программное обеспечение;
- подобрать и использовать SCADA-системы;
- разобраться в физических основах и принципах работы всех составных частей автоматизированной системы;
- самостоятельно разработать техническую документацию по ГОСТ.

# 1 Проектирование автоматизированной системы управления

## 1.1 Описание технологического процесса

Штанговый глубинный насос – насос одинарного действия, который приводится в работу возвратно-поступательными движениями с помощью станка-качалки от двигателя, посредством движения колонны штанг.

Штанговые глубинные насосы предназначены для откачивания из нефтяных скважин нефтесодержащей жидкости (рисунок 1).

Насосы представляют собой вертикальную плунжерную конструкцию одинарного действия с шариковыми клапанами, неподвижными цилиндрами и металлическими плунжерами: спускаются в скважину на колонне подъемных труб и насосных штанг. Возвратно поступательное движение плунжеру передается станком-качалкой через колонну насосных штанг. Колонна штанг посредством канатной подвески подвешивается на головке балансира станка-качалки. Режим откачки (длина хода полированного штока и число двойных ходов станка-качалки) устанавливается в зависимости от количества поднимаемой жидкости.

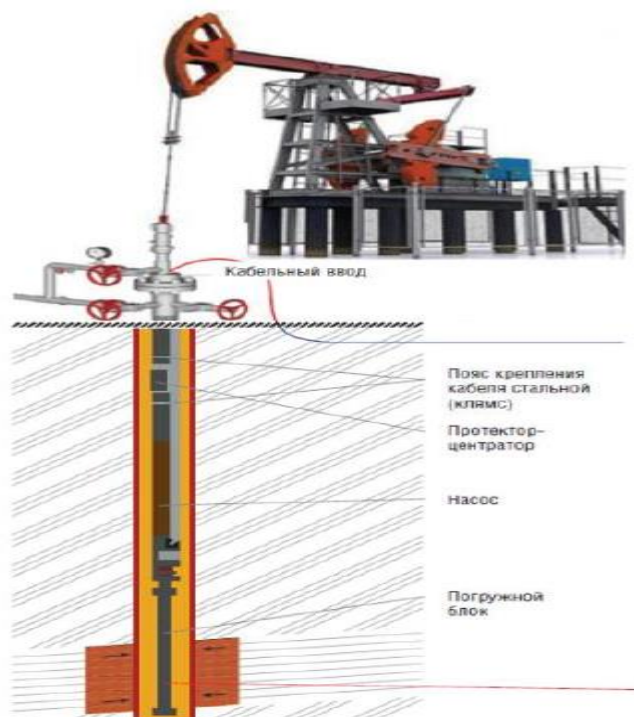


Рисунок 1 – Штанговый глубинный насос

Принцип работы глубинных штанговых насосов достаточно прост.

1. Когда плунжер перемещается вверх в нижней части камеры насоса создается разрежение давления, в свою очередь это способствует всасыванию перекачиваемой жидкой среды через входной клапан.

2. После этого плунжер начинает движение вниз, всасывающий клапан закрывается под действием давления перекачиваемой жидкой среды, и она начинает поступать в подъемные трубы через полый канал поршня и нагнетательный клапан.

3. В ходе безостановочной работы штангового глубинного насоса перекачиваемая им жидкая среда начинает заполнять внутренний объем подъемных труб и в итоге направляется на поверхность.

Функциональная схема приведена в приложении А.

## **1.2 Разработка технического задания автоматизированной системы**

Техническое задание (ТЗ) содержит требования к разрабатываемой автоматизированной системе. ТЗ включает общие сведения, требования к функциональности и внешнему виду, состав системы и предполагаемые виды работ. Техническое задание должно содержать чёткие формулировки, подробные описания, поясняющие рисунки и схемы. ТЗ позволяет разработчику ознакомиться со всеми требованиями и разработать систему, которая будет удовлетворять требования заказчика.

При подготовке технического задания учитывается:

- тип описываемого объекта (программное обеспечение, аппаратное обеспечение, услуга и т.д.);
- цель создания технического задания;
- требования к оформлению (по шаблону заказчика или по ГОСТ);
- необходимость корректировки технического задания по мере работы над проектом;

Разработанное в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602-89, ГОСТ 21.208-2013, ГОСТ 21.408-2013, техническое задание приведено в приложении Б.

## 2 Проектирование автоматизированной системы ШГН

### 2.1 Выбор архитектуры автоматической системы

Архитектура автоматизированной системы разрабатывается с учетом желаний и требований заказчика на основе принятой в проектной организации (исполнителе) архитектуры.

Исходя из перспектив развития автоматизированных систем, логичнее всего использовать трехуровневую клиент-серверную архитектуру. Данная архитектура подразумевает наличие трех уровней:

- клиент-уровень;
- уровень сервера приложений (далее - СП);
- уровень сервера базы данных системы.



Рисунок 2 – Трехуровневая клиент-серверная архитектура

При использовании такой архитектуры у АРМ оператора остается одна функция – обеспечение пользовательского интерфейса, а решение задач управления возлагается на сервер приложений. СП активизирует необходимые задачи по запросу АРМ, при этом получая данные из сервера баз данных.

Определение профиля АС основывается на модели OSE RM (рисунок 3). Данная модель содержит три уровня: полевой уровень АСУ, сервисы ПО и прикладное ПО. Взаимодействие уровней осуществляется интерфейсами.



Рисунок 3 – Модель OSE/RM

Согласно критерию минимальной стоимости эксплуатации системы, SCADA-системой проекта станет Trace Mode. Данная система эксплуатируется на основе ОС Windows. Выбранный состав стандартов и модулей OPC предусматривает дальнейшее развитие системы (см. рисунок 4).

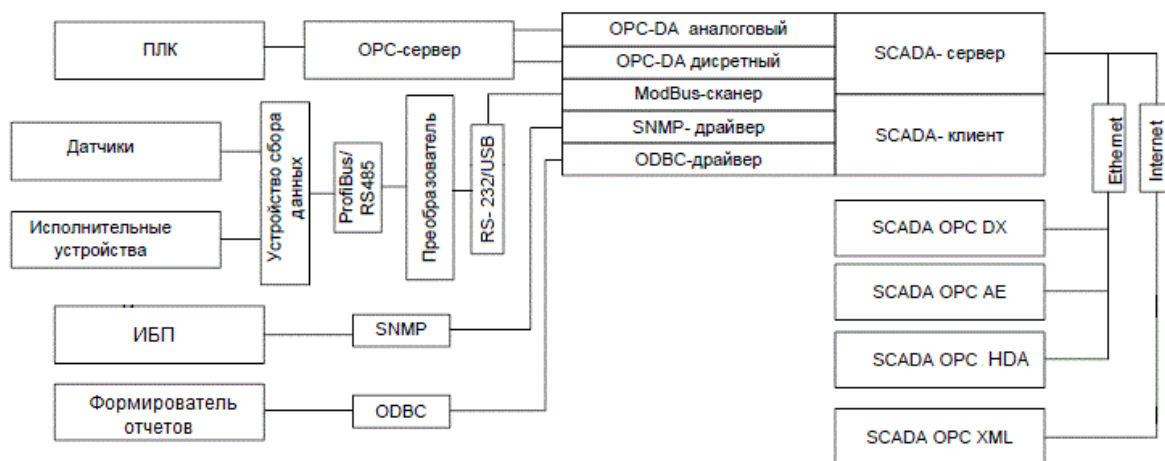


Рисунок 4 – Структура взаимодействий OPC

Ознакомиться со всеми OPC-стандартами можно в документации [5].

## 2.2 Разработка структурной схемы автоматизированной системы

Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств реализации автоматизированной системы управления построена по трехуровневому иерархическому принципу.

К нижнему полевому уровню относятся первичные средства автоматизации:

- датчик положения;
- датчик нагрузки;
- датчики расхода;
- датчики давления.

Нижний уровень выполняет следующие функции:

- измерение и преобразование параметров технологического процесса, а также оборудования непосредственно участвующего в нем;
- передача информации о ходе и состоянии технологического процесса на верхний уровень, посредством среднего уровня.

Средний уровень (контроллерный) состоит из контроллерного оборудования с коммуникационными интерфейсами. Средний уровень выполняет функцию обработку и передачу информации с полевого уровня на верхний.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень представляет собой АРМ оператора, лицензионное ПО, СУБД. Верхний уровень выполняет следующие функции:

- прием информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- отображение в реальном времени информации с использованием мнемосхем;
- формирование отчетов об ошибках, тревогах и авариях;
- создание и хранение технологической базы данных;
- формирование и выдача команд дистанционного управления;

Трехуровневая структура АС приведена в приложении Г.

Обобщенная структура управления АС приведена в приложении В.

## **2.3 Функциональная схема автоматизации**

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.

### **2.3.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-13**

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.408-13 и по ГОСТ 21.208-2013 приведена в приложении Д и Е по стандарту ANSI/ISA. Функциональная схема автоматизации – это схема, которая разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях установки или АС в целом. Этими схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте.

В качестве обозначений приняты:

GE – чувствительный элемент датчика положения;

GT – дистанционная передача датчика положения;

GIR – индикация и регистрация положения плунжера;

WE – чувствительный элемент датчика нагрузки;

WT – дистанционная передача датчика нагрузки;

WIR – индикация и регистрация нагрузки;

FE – чувствительный элемент датчика расхода;

FT – дистанционная передача датчика расхода;

FIR – индикация и регистрация расхода;

FC – регулирование расхода;

PE – чувствительный элемент датчика давления;



PT – дистанционная передача датчика давления;

PIR – индикация и регистрация давления.

## **2.4 Разработка схемы информационных потоков**

Схема информационных потоков, которая приведена в приложении Ж 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 физические устройства предоставляют данные ввода и вывода. Эти данные: аналоговые сигналы, дискретные сигналы, данные о вычислениях и преобразовании.

Средний уровень образует буферную базу данных, которая запрашивает данные от внешних систем. Иначе говоря, она передает информацию от систем автоматики и телемеханики на экран формам АРМ-приложений. На среднем уровне формирует информационные потоки из полученных данных ПЛК. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- объем выходящей нефти, м<sup>3</sup>/ч,
- нагрузка на насос Вт;
- положение плунжера насоса %;
- давление в всасывающем коллекторе, МПа,
- давление в нагнетательном коллекторе, МПа,
- фазовые токи на обмотках двигателя, А.

## **2.5 Выбор средств реализации**

Для реализации поставленных задачи и функций автоматизированной системы необходимо произвести подбор комплекса технических средств.

Подбор произведем путем сравнительного анализа, при этом главным образом опираемся на техническое задание.

Применительно к скважинам, эксплуатируемым штанговыми глубинными насосам, это означает измерение таких технологически параметров, как динамограмма (зависимость усилия на полированном штоке от перемещения точки подвеса штанг), динамический уровень, ваттmetroграмма (зависимость потребляемой мощности от перемещения точки подвеса штанг) давление на устье скважины, суточная производительность скважины и других. При этом функции управления обеспечивают дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, периодический режим эксплуатации, плавное регулирование скорости вращения при помощи преобразователя частоты.

### **2.5.1 Выбор контроллерного оборудования**

Для выбора контроллерного оборудования рассмотрим несколько вариантов контроллеров. В качестве сравнения были рассмотрены следующие варианты:

- Siemens Simatic S7-300;
- Allen-Bradley SLC500;
- Schneider Electric Modicon M238;

Семейство контроллеров Siemens S7-300 предназначены для автоматизации низкого и среднего уровня сложности. Имеет модульную архитектуру, что предусматривает возможность наращивания, возможность горячей замены, что повышает надежность системы. Поддерживает интерфейсы передачи Ethernet, Modbus, Fieldbus. Удобная среда программирования на FBD, LD, CFC, STL.

Программируемые контроллеры американской фирмы Allen-Bradley предназначены для создания легких и средних систем АСУ ТП, которые могут также применяться в составе сложных систем. Контроллеры SLC 500 имеет модификации, как модульной архитектуры, так и со встроенными модулями

ввода/вывода до 960 точек. Поддерживают языки LB, FDB, SFC, STL.

Контроллеры Schneider Electric Modicon M238 являются мощными контроллерами с высокой степенью надежности. Каждый контроллер M238 содержит 24 канала дискретного ввода-вывода. Из 14 каналов ввода 8 являются быстродействующими и предназначены для выполнения функций быстрого счета с частотой до 100 кГц. Четыре из десяти каналов вывода являются быстродействующими для выполнения функций рефлексного выхода быстрого счетчика, а также выполнения функций ШИМ и РТО (pulse train output, группа импульсов для управления сервоприводами).

В нашей системе достаточно использовать контроллер Allen-Bradley SLC500 с процессорным модулем 1747-L532. Этот контроллер содержит в себе все необходимые требования согласно ТЗ, а именно возможность наращивания при помощи модульной конструкции, имеется функция сброса, при зависаниях. Среднее время наработки на отказ 100 000 часов. При этом имеется резервная батарея, что позволяет не выключать систему, при отключении от основного питания.

Основные технические характеристики контроллера Allen Bradley SLC500:

Резервная батарея Да

Порт связи Тип DH485, RS232

Глубина 142mm

Для использования с SLC 500 серии

Тип входа Цифровой

Длина 145мм

Серия Производитель SLC 500

Максимальная скорость передачи 19.2 (DH-485) кбит / с, 38.4 (RS232)

кбит

Максимальные входы / выходы 8192 (цифровой)

Максимальная рабочая температура +60 ° C

Минимальная рабочая температура От 0 ° C

Тип установки Шасси

Количество портов связи 2  
Выходной ток 500 мА  
Тип выхода Цифровой  
Емкость Программа 12000 слов  
Интерфейс программирования Компьютер  
Язык программирования использовано Ladder Logic  
Время сканирования 0,225 (I / O Scan) мс, 1 (Программа сканирования)  
мс/Keyword  
Общий объем доступной памяти 16000 слов  
Напряжение Категория 5 → 24 В  
Ширина 35мм.

### **2.5.2 Выбор датчиков**

В качестве преобразователей будем отдавать предпочтение интеллектуальным датчикам, с унифицированным выходным сигналом (4-20) мА.

#### **2.5.2.1 Выбор расходомера**

В качестве расходомеров были рассмотрены следующие варианты:

- Метран-350;
- MAGX2;
- Yokogawa GS 01F06A00-01R.

Сравнительный анализ расходомеров приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение расходомеров

Критерии выбора	Метран-350	MAGX2	Yokogawa GS
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Предел допускаемой погрешности	0,8%	0,2%	0,1%
Выходной сигнал	(4–20) мА +HART, Fielbus	(4–20) мА +HART	(4–20) мА +HART, Fielbus
Взрывозащищенность	Ex	ExiaIICT5	ExiaIICT5X
Температура измеряемой среды	от минус 40 до 400 °С	от минус 40 до 85 °С	от минус 40 до 65 °С
Наличие ЖКИ	да	да	да
Срок службы	12 лет	12 лет	10 лет
Степень защиты от пыли и воды	65	IP65	IP65
Цена	229 000 руб	91 200 руб	359 000 руб

В нашей системе будем использовать MAGX2 (см. Рисунок 5), так как он вполне удовлетворяет по техническим характеристикам и по экономических показателям превосходит остальные.

Электромагнитный модульный расходомер MAGX2 отличается инновационной модульной конструкцией „Plug & Play”, что позволяет ему быть недорогим и подходящим для большинства применений одновременно. Каждый модуль представляет собой небольшую электронную плату, которая может быть свободно установлена и удалена из основной платы за считанные секунды.

### **Преимущества**

- модульная конструкция;
- автоматическая очистка электродов;

- измерение температуры;
- регистрация данных;
- графический дисплей;
- меню на нескольких языках;
- подходит для агрессивных сред.



Рисунок 5 – Расходомер MAGX2

Технические характеристики расходомера MAGX2 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики расходомера MAGX2

Техническая характеристика	Значение
Применение	Нефтехимия/ химия
Температура измеряемой среды	от минус 20 до 130°C
Температура окружающей среды	от минус 20 до 60°C
Выходные сигналы	(4-20) мА/0 В/USB/RS232/RS485/GPRS/TCP/IP
Класс пылевлагозащиты, IP	IP67; IP68
Протокол связи	Modbus RTU
Принцип измерения	электромагнитный
Точность	±0,2%
Межповерочный интервал	4 года
Автодиагностика	да

Измерение основано на принципе закона Фарадея об электромагнитной индукции, в котором электрическое напряжение индуцируется в электропроводном теле, которое движется в магнитном поле. Жидкость течёт через трубу в направлении магнитного поля. Жидкость с определённой минимальной электропроводностью вызывает напряжение, которое регистрируется двумя электродами, расположенных под углом в 90 градусов к магнитному полю и потоку направления (см. рисунок 6).

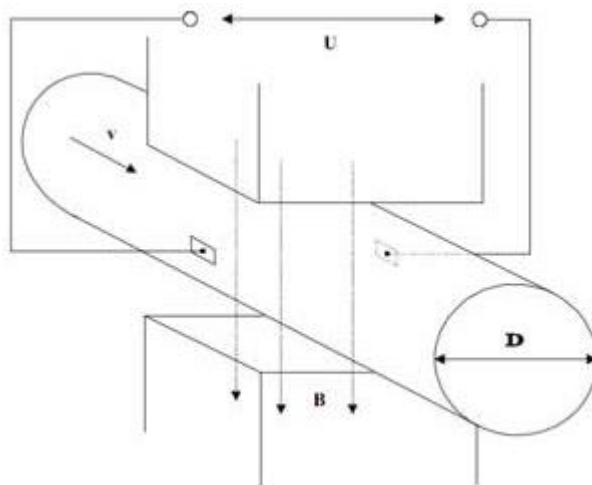


Рисунок 6 – Принцип действия расходомера

Требования по установке датчиков приведены на рисунке 7. Закладные приведены на рисунке 8.

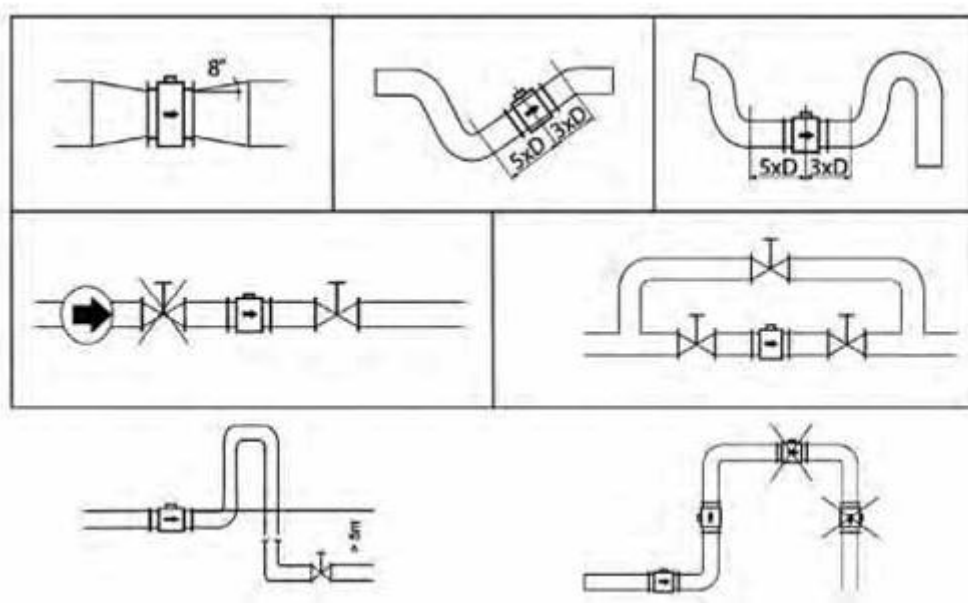


Рисунок 7 – Установка расходомеров MAGX2

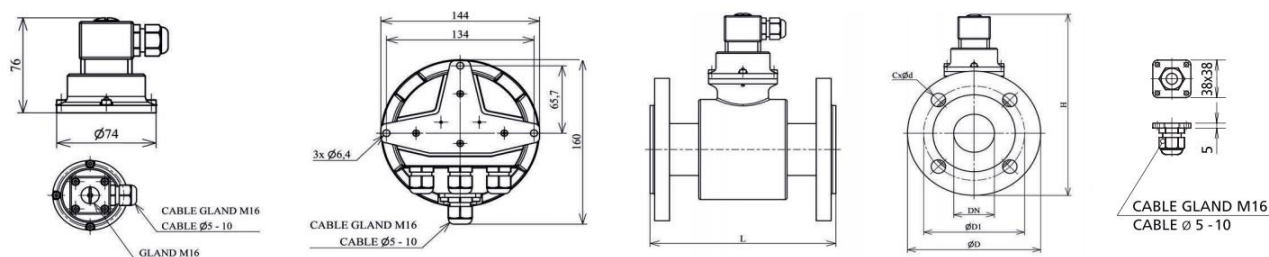


Рисунок 8 – Закладные расходомеры

### 2.5.2.2 Выбор датчиков давления

Одним из основных параметров ШГН является давление на выходе насоса. Для выбора датчика давления произведем сравнительный анализ следующих из средств измерений:

- Rosemount 3051C;
- КВАРЦ-2;
- Сапфир-22 М;
- Yokogawa EJA430A;

Сравнительный анализ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков давления

Критерии выбора	Rosemount 3051C	КВАРЦ-2	Сапфир-22М	Yokogawa EJA430A
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны пределов измерений	(0–13,8) МПа	(0–100) МПа	-	(0–13,8) МПа
Предел допускаемой погрешности	0,075%	0,3%	0,3%	0,2%
Перестройка диапазонов измерений	100:1	-	-	100:1
Выходной сигнал	(4–20) мА +HART	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА + HART
Взрывозащищенность	ExiaIICT5	ExiaIICT5X	Ex	ExdIICT5
Температура окружающей среды	от минус 40 до 85 °С	от минус 40 до 65 °С	от минус 50 до 80 °С	от минус 0 до 85 °С
Наличие ЖКИ	да	нет	нет	да
Срок службы	12 лет	6 лет	12 лет	12 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP66	IP54	-	IP66/67



Продолжение таблицы 5– Сравнительный анализ датчиков давления

Критерии выбора	Rosemount 3051C	КВАРЦ-2	Сапфир-22М	Yokogawa EJA430A
Межповерочный интервал	4 года	2 года	2 года	4 года
Цена	196 000 руб	34 000 руб	67 000 руб	162 000 руб

В качестве датчиков давления будем использовать Yokogawa EJA 430A (рисунок 9), так как он удовлетворяет по степени защиты, погрешности, межповерочному интервалу, а также по стоимости.

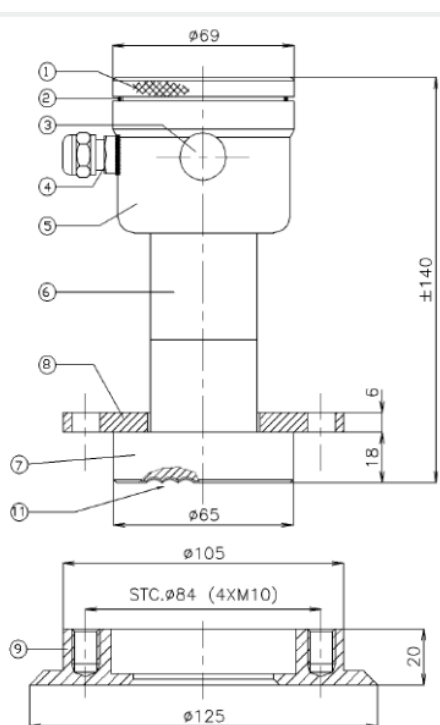


Рисунок 9 – Датчик давления Yokogawa

EJX430A Датчик избыточного давления – это надежный прибор, который отвечает всем сертификатам качества. Процесс измерения с помощью данного устройства выполняется быстро и легко, а главное с высокой точностью. Управление моделью осуществляется дистанционно, поэтому пользователь может без проблем контролировать и устанавливать необходимые параметры, находясь на расстоянии. К достоинствам EJX430A относится возможность работы при высокой температуре, наличие небольшого жидкокристаллического

дисплея, мгновенный отклик, автоматическая диагностика и устранение ошибок.

Основные характеристики датчика таблица 6.

Таблица 6 – Характеристики датчика давления

Техническая характеристика	Значение
Измеряемые среды	Жидкость, газ, пар
Пределы измерений	От 0,1 до 3,5 МПа
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,2\%$ ;
Выходной сигнал	(4-20) мА/Brain/HART/Fieldbus
Диапазон температур окружающей среды	от минус 60 до 60°C;
Интервал между поверками	4 года
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 66/67

Принцип работы кремниевого резонатора (рисунок 10), в зависимости от знака приложенного давления резонатор растягивается или сжимается, в результате чего частота его собственных механических колебаний соответственно растет или уменьшается. Колебания механического резонатора в постоянном магнитном поле преобразуются в колебания электрического контура, и, в итоге, на выходе чувствительного элемента получается цифровой (частотный) сигнал, точно отражающий величину измеряемого давления.

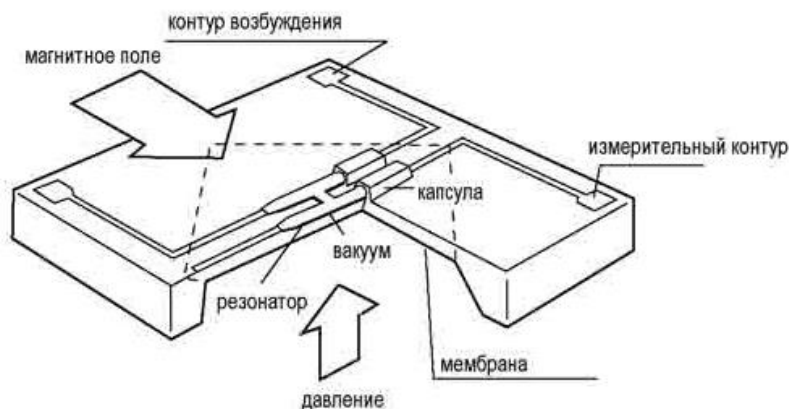


Рисунок 10 – Принцип действия датчика давления Yokogawa EJX430

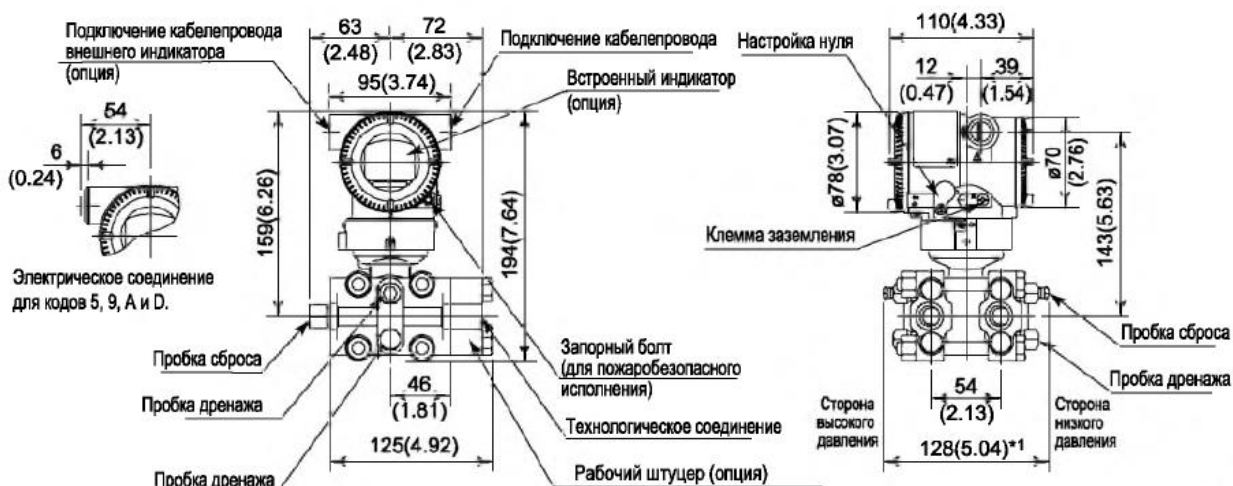


Рисунок 11 – Закладные датчика Yokogawa EJX430

### 2.5.2.3 Выбор амперметров

Для отслеживания нагрузки на станок были рассмотрены следующие виды амперметров:

- Овен ИТС-Ф1;
- EKF AM-D723;

В нашей системе достаточно будет использовать амперметр EKF AM-D723 (рисунок 12), так как он является трехфазным, что уменьшит количество и место оборудования, при этом стоимость его по сравнению с ОВЕН ИТС-Ф1 немного ниже. Амперметр устанавливается в питающую двигатель электролинию.



Рисунок 12 – Трехфазный Амперметр EKF AM-D723

#### Преимущества:

- высокая точность и надежность;

- помехоустойчивость;
- длительная работа без калибровки;
- легкий монтаж;
- возможность настройки под любой трансформатор тока;
- корпус изготовлен из не поддерживающей горения пластмассы.

**Свойства:**

- номинальное рабочее напряжение – 400 В;
- масса – 0,23 кг;
- тип прибора – трехфазный цифровой амперметр;
- класс точности – 0,5;
- межповерочный интервал – 6 лет;
- калиброванный – да;
- частота – 50 Гц;
- номинальный ток – 3200 А.

**2.5.2.4 Выбор датчика нагрузки**

Выбор датчиков нагрузки происходил из следующих вариантов:

- Honeywell FS;
- Loadtrol;
- Interface 1201.

Сравнительный анализ датчиков приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительный анализ датчиков нагрузки

Критерии выбора	Honeywell FS	Loadtrol	Interface 1201
Диапазоны пределов измерений	До 5 000 кН	8 000 кН	До 9000 кН
Предел допускаемой погрешности	0,05%	0,03%	0,03%
Срок службы	12 лет	6 лет	12 лет
Компенсация давления	Да	Нет	Да
Среднее время наработки на отказ	30 000 ч	40 000 ч	50 000 ч
Цена	20 000 руб	34 000 руб	37 000 руб

В нашей системе автоматизации будем использовать датчик нагрузки Interface 1201 (рисунок 13). Так как этот датчик полностью соответствует всем поставленным задачам и подходит по требованиям технического задания.



Рисунок 13 – Датчик нагрузки Interface 1201

**Свойства:**

- точность до 0,03 % ;
- высокая чувствительность – до 4 мВ/В;
- компенсация внецентричной нагрузки ;
- температурное воздействие - 0,0013 % на 0 °С;
- маленький прогиб;
- калибровка с помощью шунта;
- компенсация давления;
- компактность;
- зенкованные монтажные отверстия.

Датчик нагрузки состоит из: упругого элемента в форме отрезка трубы, двух компенсационных тензорезисторов, двух нагрузочных резисторов, образующих полную мостовую схему. Тензорезисторы наклеены на наружную поверхность упругого элемента и закрыты сверху защитным кожухом.

**2.5.2.5 Выбор датчика положения**

Среди датчиков положения были рассмотрены варианты:

- VI Technologies 615V1;
- Bourns AMS22;
- Honewell.

В качестве датчика положения, выберем датчик 103SR12-A1 (HONEY) компании Honeywell (рисунок 14), работающий на эффекте Холла, так как он имеет унифицированный выходной сигнал 4-20 мА, при этом самый лучший вариант «цена/качество».



Рисунок 14 – Датчик положения 103SR12-A1

Датчик положения крепится при помощи кронштейна на редуктор установки ШГН и срабатывает при прохождении мимо него двух магнитов. Монтируется датчик положения таким образом, чтобы магниты проходили мимо датчика Холла в моменты, когда шток установки ШГН находится в крайних нижнем и (или) верхнем положениях.

Технические характеристики датчика представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики датчика 103SR12-A1 (HONEY)

Характеристика	Значение
Тип выхода	Логический
Магнитная индукция	245-345
Погрешность измерения	±0,5%
Выходной ток, мА	(4-20) мА
Напряжение питания, В	(6-24) В
Ток потребления, мА	10 мА
Рабочая температура, °С	от минус 40 до плюс 100 °С

## 2.6 Выбор исполнительных механизмов

### 2.6.1 Выбор регулирующего клапана

Для регулирования расхода на ГЗУ используем регулирующий клапан с электроприводом.

В качестве регулирующих клапанов были рассмотрены:

Siemens VVF40;

Danfoss VFS;

РЭМТЭК.

Сравнительный анализ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Сравнительный анализ клапанов

Критерии выбора	Siemens VVF40	Danfoss VFS	РЭМТЭК
Характеристика хода	Линейная	Линейная	Нелинейная
Среднее время наработки на отказ	100 000 ч	30 000 ч	40 000 ч
Цена	60 000 руб	94 000 руб	87 000 руб

Выбираем регулирующий клапан фирмы Siemens VVF40. Данные клапаны широко применяются для нейтральных и агрессивных сред, используются в нефтяной и химической промышленности. При этом цена ниже рассмотренных аналогов. Технические характеристики клапана приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики регулирующего клапана Siemens VVF40

Характеристики клапана	Равнопроцентная
Скорость утечки	(0-0.02) % от kvs значения
Температура рабочей среды	от минус 10 до плюс 150 °С
Рабочее давление	16 бар
Материал корпуса	Чугун EN-GJL-250
Материал внутренних частей клапана	CrNi сталь, бронза/латунь
Страна-производитель	Германия

Среди электроприводов рассмотрены SCK Siemens, AUMA MATIC, Danfoss. Для клапана выбран электрогидравлический привод SCK Siemens, т.к. удовлетворяет для данного процесса и стоимость ниже рассмотренных аналогов. Электрогидравлические приводы для 2- и 3-ходовых клапанов Siemens типа VVF..., VXF... с 40-мм ходом в качестве регулирующих и предохранительных стопорных клапанов. Монтируются непосредственно на клапанах без дополнительных настроек. Оснащены обратной связью по позиционированию. Дополнительные функции обеспечены дополнительным контактом, нагревателем штока и преобразователем механического хода.

Сила позиционирования клапана, – 2800 Н.

Шток, – 40мм.

Класс защиты – IP54.

Температура рабочей среды, – -25...220 (350) °С.

Температура окружающей среды, -15...55 °С.

Тип электропривода – Асинхронный со встроенным частотным преобразователем.

Страна-производитель – Германия.



Рисунок 15 – Электропривод Siemens

## 2.7 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений внешних проводок [ГОСТ 21.408-2013, РМ 4-6-92] это комбинированная схема, на которой изображаются электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерном оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздуховодах и т.п.), вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов.

Все датчики используют унифицированный токовый сигнал 4-20 мА. В нашей системе для передачи сигналов с амперметров, с системы мониторинга электроприводом, с расходомера, с датчика давления используется по три



провода. Будем использовать кабель КВВГЭ нг. Кабели контрольные с медными жилами, с пластмассовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660В частоты до 100Гц или постоянным напряжением до 1000В. Климатическое исполнение УХЛ категорий размещения размещения 1-5, для кабелей в тропическом исполнении (Т) категорий размещения 2-5 по ГОСТ 15150. Маркировка «Э» – экранированный кабель с защитой от электрических и магнитных полей, «нг» – не горючего типа.

Схемы внешних соединений должны содержать:

- 1) первичные приборы;
- 2) щиты (распределительная колодка, DIN-рейка в шкафу), комплексы;
- 3) защитное заземление систем автоматизации.

## **2.8 Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы**

### **2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве алгоритма сбора данных рассмотрим измерение давления. Алгоритм измерения давления представлен в приложении И.

Алгоритм работает следующим образом: идет начало работы, после этого запускается подпрограмма инициализация устройства. После чего идет проверка на достоверность данных, путем проверок на обрыв, если ток на линии менее 4 мА и на короткое замыкание, если ток превышает 20 мА. Если же диапазон 4-20 мА, то идет запуск подпрограммы инициализации уставок. После этого идет проверка каждой уставки. Если какая-либо из уставок была нарушена, то выдается соответствующее сообщение оператору. В любом случае, была нарушена уставка или нет, идет перевод значений в МПа и вывод результата измерения.

## 2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В качестве алгоритма автоматического регулирования рассмотрим автоматическое регулирование расхода нефти, которое перекачивается ШГН на ГЗУ. Контур регулирования состоит из контроллера, датчика расхода, преобразователя частоты, электропривода, задвижки, и трубопровода. На вход системы задается значение расхода, при помощи обратной связи с выхода объекта управления измеряется расход и подается на ПЛК, где идет сравнение значение уставки и измеренного. Формируется сигнал рассогласования и выдается управляющий ШИМ сигнал на преобразователь частоты. Преобразователь частоты формирует управляющий сигнал на электропривод, при помощи изменения частоты. Электропривод меняет выходную скорость вала, а задвижка меняет угол поворота. Угол поворота преобразуется в % открытия и в количество проходящей жидкости. Таким образом меняется расход в трубопроводе.

Динамика участка трубопровода в упрощенном виде может быть описана следующей передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{1}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}, \quad (1)$$

$$T = \frac{2Lf c^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p \cdot g}} \quad (2)$$

где  $Q_k(p)$  – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$  – измеряемый объемный расход жидкости;

$\rho$  – плотность жидкости;

$L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

$d$  – диаметр трубы;

$f$  – площадь сечения трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$\tau_0$  – запаздывание;

$T$  – постоянная времени.

В соответствии с данными параметрами, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$T = \frac{LQ}{f} \cdot \frac{\rho}{\Delta p} = \frac{5 \cdot \frac{480}{3600}}{\frac{3.14 \cdot 0.2^2}{8}} \cdot \frac{838}{101971} = 0.354 \text{ с,}$$

$$\tau_0 = \frac{L}{Q} \cdot \frac{\pi d^2}{8} = \frac{5}{480} \cdot \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{8} = 0.59 \text{ с,}$$

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1} e^{-\tau_0 s} = \frac{1}{0.354s + 1} e^{-0.59s}.$$

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1}, \quad (3)$$

$$T_{дв} = \frac{JM_k}{\omega_n}, \quad K_{дв} = \frac{\omega_n}{f_{max}} \quad (4)$$

где  $K_{дв}$  – коэффициент усиления двигателя;

$T_{дв}$  – постоянная времени двигателя;

$J$  – момент инерции двигателя;

$M_k$  – крутящий момент двигателя;

$\omega_n$  – номинальная скорость двигателя;

$f_{max}$  – максимальная частота управления.

Коэффициент передачи электропривода равен 0,005, т.к. максимальная скорость 1500 об/мин при максимальной частоте 300 кГц. Постоянная времени электропривода подобрана из технической документации [6], которая равна 0,08 сек.

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{3,14}{1,18 \cdot p + 1}$$

Частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{чп}(p) = \frac{K_{чп}}{T_{чп} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

$$T_{\text{чп}} = \frac{T_{\text{ДВ}}}{2}, K_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{max}}}{I_{\text{max}}}. \quad (6)$$

где  $K_{\text{чп}}$  – коэффициент усиления частотного преобразователя;

$T_{\text{чп}}$  – постоянная времени частотного преобразователя;

$f_{\text{max}}$  – максимальная частота управления;

$I_{\text{max}}$  – максимальный ток управления;

Так как при ПИД-регулировании используется ток до 20 мА, а частотный преобразователь изменяет частоту от 0 Гц до 300 кГц, то передаточный коэффициент равен 15. Постоянная времени была определена из документации частотного преобразователя и равная 0.2 сек [6].

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{15}{0,2 \cdot p + 1}$$

ПИД-регулятор описывается известной передаточной функцией:

$$W_{\text{пид}}(p) = K_p + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \quad (7)$$

где  $K_p$  – пропорциональный коэффициент;

$T_i$  – постоянная времени интегрирующего звена;

$T_d$  – постоянная времени дифференцирующего звена.

Модель САР приведена на рисунке 16.

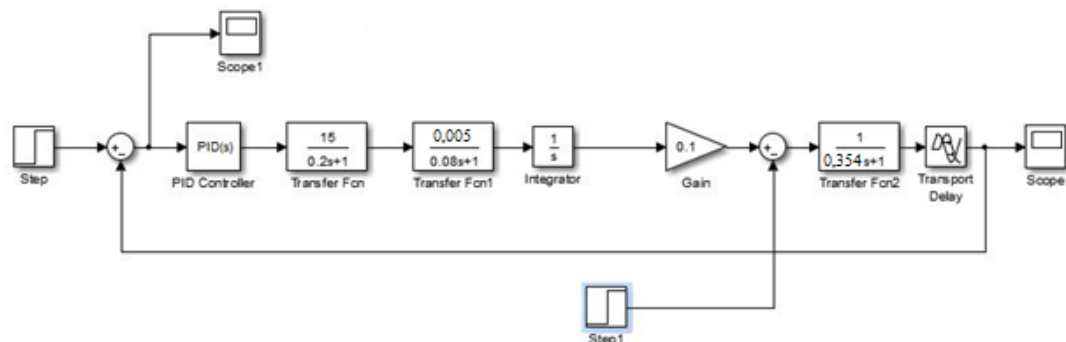


Рисунок 16 – Модель САР

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора в среде Matlab для получения приемлемой характеристики переходного процесса. Приближенные значения составляют:  $K_p = 1$ ;  $K_d = 1$ ;  $K_I = 0.01$ . Смоделируем график переходного процесса (рисунок 17).

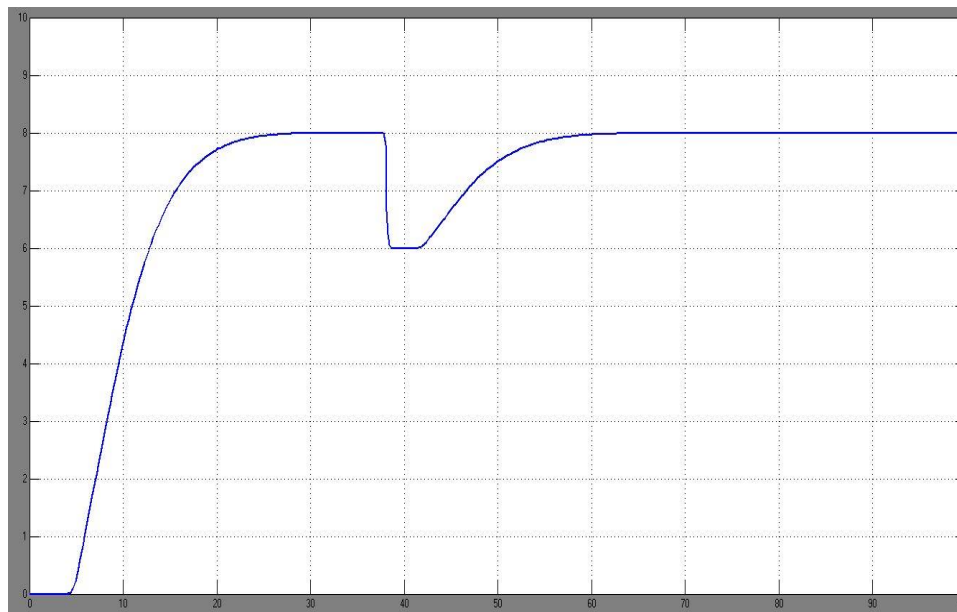


Рисунок 17 – График переходного процесса

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 20 сек. Перерегулирование отсутствует. Система устойчива. При возникновении внешнего воздействия справляется с ним.

## 2.9 Экранные формы АС

Для разработки экранных форм используем SCADA систему Trace Mode 6.09. Выбор основан широким выбором компонентов, возможностью работы с OPC-сервером, PLC, хорошая визуализация и детализация, удобный русифицированный интерфейс, а также сравнительно не высокая цена расширенной версии. Данная SCADA работает в реальном времени, которая отвечает требованиям надежности и безопасности. Также важным является то, что OPC-технологии позволяют работать со всей аппаратурой нижнего уровня, т.к. представляет собой большой набор серверов ввода/вывода.

### 2.9.1 Разработка дерева экранных форм

Основными областями экрана являются меню (рисунок 18), основное поле и журнал статистики и аварий. В основном поле расположены все

составляющие ШГН, такие как технологическая схема, тренды, журнал событий, отчеты, настройки и т.д. Переход осуществляется при помощи мыши.

<i>Техн. схема</i>	<i>Тренды</i>	<i>Паспорт качества</i>	<i>Архивные отчеты</i>	<i>Настройки</i>	<i>Месячные отчеты</i>	<i>Цвет фона</i>
<i>Журнал рег. СИ</i>	<i>Журнал событий</i>	<i>Акт приема-сдачи</i>	<i>Текущие отчеты</i>	<i>Вент/ДЕ</i>	<i>Резерв</i>	

Рисунок 18 – Меню

Согласно техническому заданию установлена защита от не санкционированного доступа, при входе в приложение необходимо выбрать пользователя и ввести соответствующий пароль. На экране появится окно ввода (рисунок 19).

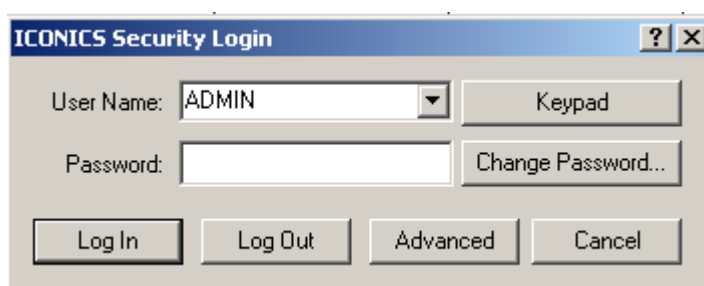


Рисунок 19 – Авторизация пользователя

Если логин и пароль введены, верно, то открывается мнемосхема основных объектов ШГН. Некоторые мнемосхемы подразумевают под собой иерархию дополнительных мнемосхем, которые более детально показывают текущие процессы. Для перехода к дополнительной мнемосхеме необходимо нажать на прямоугольную область с соответствующим названием мнемосхемы.

## 2.9.2 Разработка экранных форм автоматизированной системы станка-качалки насоса

### Экран «Технологическая схема».

Переход на экран «Схема» осуществляется нажатием левой клавишей мыши на кнопку «Схема». Эта экранная форма предназначена для контроля текущих технологических параметров СКН. На схеме постоянно осуществляется отображение текущих параметров узла учета:

- давление нефти в трубопроводе;
- температура обмоток двигателя;
- напряжение и ток, подаваемые на двигатель;
- давление в насосе и выходной трубе.

Технологическая схема экранной формы приведена в приложении К.

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение**

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

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

Целью данной работы является разработка системы автоматического управления оборудованием факельным сепаратором.

#### **3.1 Организация и планирование работ**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры,



техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исп-ля	Загрузка
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Р	Р-100%
<b>Проведение НИР</b>				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, И	Р-50%, И -100%
	3	Разработка и утверждение техзадания (ТЗ)	Р, И	Р-100%, И -100%
	4	Календарное планирование работ	Р, И	Р-50%, И -100%
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных схем	И	И -100%
	6	Разработка функциональных схем	И	И -100%
	7	Выбор технических средств автоматизации	Р, И	Р-50% И -100%
	8	Выбор алгоритмов управления	Р, И	Р-50% И -100%
	9	Разработка экранной формы	И	И -100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	И	И -100%

### 3.1.1 Продолжительность этапов работ

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \quad (8)$$

В таблице 12 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 12 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		Tmin, чел-дн.	Tmax, чел-дн.	Тож, чел-дн.	Тр, раб.дн		Ткд, кал.дн	
					Р	И	Р	И
1	Р	1	2	1,4	1,4	-	2	-
2	Р, И	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
3	Р, И	2	3	2,4	2,4	2,4	3	3
4	Р, И	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
5	И	2	3	2,4	-	2,4	-	3
6	И	5	10	7	-	7	-	10
7	Р, И	2	3	2,4	1,2	2,4	2	3
8	Р, И	3	6	4,2	2,1	4,2	3	6
9	Р, И	3	6	4,2	-	4,2	-	6
10	И	1	2	1,4	-	1,4	-	2
Итого					8,5	26,8	12	37

На основе таблицы 12 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 13 – План-график

Вид работы	И сп-ли	Тк д	С 16.04.2020 г. по 24.05.2020 г.																											
			Грент-бар (календарный план-график)																											
Составление и утверждение задания НИР	Р	2	[График: 16.04.2020 - 18.04.2020]																											
Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р И	1 2	[График: 18.04.2020 - 20.04.2020]																											
Разработка и утверждение ТЗ	Р И	3 3	[График: 20.04.2020 - 23.04.2020]																											
Календарное планирование работ	Р И	1 2	[График: 23.04.2020 - 25.04.2020]																											
Разработка структурных схем	И	3	[График: 25.04.2020 - 28.04.2020]																											
Разработка функциональных схем	И	10	[График: 28.04.2020 - 08.05.2020]																											
Выбор технических средств автоматизации	Р И	2 3	[График: 08.05.2020 - 10.05.2020]																											
Выбор алгоритмов управления	Р И	3 6	[График: 10.05.2020 - 16.05.2020]																											
Разработка экранной формы	И	6	[График: 16.05.2020 - 22.05.2020]																											
Составление пояснительной записки	И	2	[График: 22.05.2020 - 24.05.2020]																											

### 3.2 Расчет затрат на выполнение проекта

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 3.2.1 Расчёт затрат на материалы

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (9)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 5-20 % от стоимости материалов.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	SvetoCopy	110	0,90	99
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Pilot BPS-GP	1	50	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Всего за материалы				1714
Итого с учетом транспортно-заготовительных расходов				1799

### 3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/20,75 \quad (10)$$

учитывающей, что в году 249 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 20,75 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет заработной платы приведен в таблице 19. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{\text{доп.ЗП}}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{\text{и}} = 1,62$ . Затраты на заработную плату приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	21 760	1048,67	9	1,699	16035,21
И	15 470	745,54	27	1,62	32609,92
Итого:					48645,13

### 3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3. \text{ И так, в нашем случае } C_{\text{соц.}} = 48645,13 \cdot 0,3 = 14593,54 \text{ руб}$$

### 3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}}, \quad (11)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $Ц_{\text{Э}} = 5,748$  руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 12 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (12)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c, \quad (13)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$ , кВт	Затраты $\Delta_{\text{об}}$ , руб.
Персональный компьютер	216·0,6	0,3	223,48
Струйный принтер	30	0,1	17,24
<b>Итого:</b>			<b>240,72</b>

### 3.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A \cdot C_{\text{об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_{\text{д}}}, \quad (14)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Стоимость ПК 45000 руб, время использования 216 часов, тогда для него  $C_{\text{ам}}(\text{ПК}) = (0,4 \cdot 45000 \cdot 216 \cdot 1) / 2408 = 1614,62$  руб. Стоимость принтера 12000

руб., его  $F_D = 500$  час.;  $N_A = 0,5$ ;  $t_{pf} = 5$  час., тогда его  $C_{AM}(Pr) = (0,5 \cdot 12000 \cdot 5 \cdot 1) / 500 = 60$  руб. Итого начислено амортизации 1674,62 руб.

### **3.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)**

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Время пребывания в командировке составило 50 календарных дней (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 50 руб./день  $\cdot$  45 дней = 2250 руб. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 4720 руб.; аренда специальных приборов – 4200 руб.; почтовые расходы – 240 руб.; консалтинговые услуги – 1500 руб. Итого по данному пункту  $C_{np} = (50 - 1) \cdot 100 + 2250 + 4720 + 4200 + 240 + 1500 = 17\,810$  руб.

### **3.2.7 Расчет прочих расходов**

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{mat} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{np}) \cdot 0,1 \quad (15)$$

Для нашего примера это:

$$C_{проч.} = (1714 + 48645,13 + 14593,54 + 240,72 + 1674,72 + 17810) \cdot 0,1 = 8467,811 \text{ руб.}$$



### 3.2.7 Расчет общей себестоимости

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1714,0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	48645,13
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	14593,54
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	240,72
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1674,72
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	17 810
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	8467,811
<b>Итого:</b>		<b>93145,92</b>

Таким образом затраты на разработку составили 93145,92 руб.

### 3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль проекта составляет 20% от расходов на разработку проекта.  
 $P = 93145,92 \cdot 0,2 = 18629,18$  руб.

### 3.2.9 Расчет налога на добавленную стоимость

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(93145,92 + 18629,18) \cdot 0,2 = 22355,02$  руб.

### **3.2.10 Цена разработки научно-исследовательской работы**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 93145,92 + 18629,18 + 22355,02 = 134130,12 \text{ руб.}$$

## **3.3 Оценка экономической эффективности проекта**

### **3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций**

Так как нет источника данных отчетностей движения денежных средств, отчета о прибылях и убытках, то не оценка эффективности не возможна из-за отсутствия данных.

## **4 Социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом штангово-глубинным насосом. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенная или пониженная влажность воздуха, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением, высокой напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **4.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [12] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [12] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- федеральная инспекция труда;
- государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России);
- федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

## 4.1.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

### 4.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту

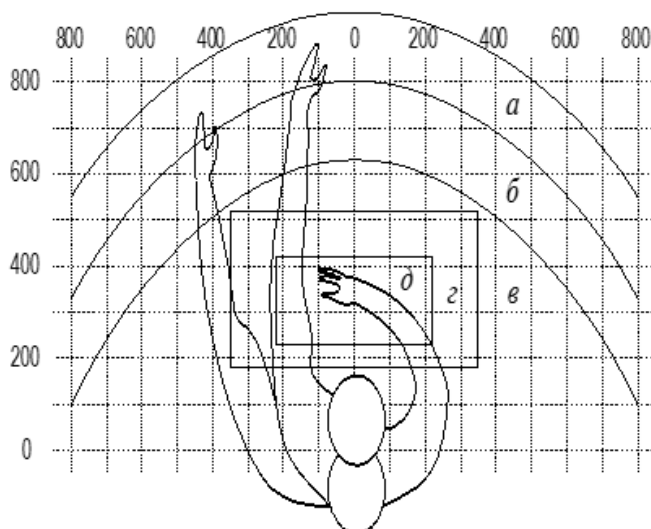


Рисунок 20 – Эргономические требования

- а - зона максимальной досягаемости;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [17]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

### 4.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

– окна ориентированы на юг – стены зеленовато–голубого или светло–голубого цвета, пол – зеленый;

– окна ориентированы на север – стены светло–оранжевого или оранжево–желтого цвета, пол – красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на восток – стены желто–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на запад – стены желто–зеленого или голубовато–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60 – 70, для стен 40 – 50, для пола около 30.

## **4.2 Производственная безопасность**

### **Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Производственная безопасность включает в себя вопросы, связанные с организацией рабочего места разработчика системы стабилизации в соответствии с нормами промышленной санитарии, техники безопасности, эргономики и пожарной безопасности.

Выпускная квалификационная работа имеет физико-техническую тематику, поэтому будут проанализированы электромагнитное излучение, микроклимат помещения, освещённость рабочей зоны, шум и вибрации.

Так как работа ведётся в закрытом помещении с использованием персонального компьютера, требуется изучение и создание оптимальных условий труда, а также следует учесть организацию пожарной безопасности на предприятии. Так же необходимо учесть то, что никакого контакта с какими-либо вредными веществами (радиоактивные препараты) нет, следовательно, данный производственный фактор не будет рассматриваться.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-15. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Р азра- а	И зготов л	Э ксплу а	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	<b>Микроклимат</b> – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [9] <b>Освещение</b> – СП 52.13330.2011 [11] <b>Шумы</b> – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [12] <b>Электромагнитное излучение</b> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13] <b>Электробезопасность</b> – ГОСТ 12.1.038-82 [14] <b>Пожарная безопасность</b> – ГОСТ 12.1.004-91 [16]
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6. Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	
7. Повышенный уровень вибрации	+	+	+	
8. Загазованность воздуха			+	

#### 4.2.1 Отклонения показателей микроклимата

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении, используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

Влияние микроклимата на самочувствие человека значимо и существенно, а переносимость температуры во многом зависит от скорости движения и

влажности окружающего воздуха – чем выше показатель относительной влажности, тем быстрее наступает перегрев организма.

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами.

Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ [8].

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [8] и приведены в таблице 2, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 19. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах приведены в таблице 20.



Таблица 19 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

Таблица 20 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0 – 21,9	24,1 – 25,0	15 – 75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0 – 22,9	25,1 – 28,0	15 – 75	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [8] и приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20...40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20

#### 4.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

По санитарно-гигиенических нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа инженера-программиста в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещённости рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрения, а также возникнуть переутомление. То же самое происходит и при избыточном освещении помещения.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблице 25 приведены нормы освещённости помещения для данного разряда [9].

Таблица 22 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [9], представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа	300-500 лк
Освещенность на поверхности экрана ПК	не более 300 лк
Яркость бликов на экране ПК	не более 40 кд/м <sup>2</sup>
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях	не более 20
Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях	не более 15
Соотношения яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

#### 4.2.3 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При

выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА[10].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [10]. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 24 (Допустимые уровни звукового давления).

Таблица 24 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

Для снижения уровня шума применяют: подавление шума в источниках; звукоизоляция и звукопоглощение; увеличение расстояния от источника шума; рациональный режим труда и отдыха.

#### 4.2.4 Электробезопасность

Различные электрические установки, к которым относятся персональные компьютеры и измерительная аппаратура, несут для человека высокую потенциальную опасность электропоражения. Во время использования или при проведении профилактических работ возможно поражение током, при

соприкосновении с нетоковедущими частями, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПК), либо при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Также имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках ПК (блоке питания и блоке дисплейной развертки).

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Согласно классификации помещений по электробезопасности выпускная квалификационная работа проводилась в помещении без повышенной опасности, характеризующемся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия [14].

#### **4.2.5 Электромагнитное излучение**

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом

поле приведены в таблице 25 [12].

Таблица 25 – Нормы пребывания в электромагнитном поле

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии	
	Общем	Локальном
<=1	1600/2000	6400/8000

Таблица 26 – Нормы пребывания в электромагнитном поле

2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 200 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлических маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется. В силу незначительности дополнительной защиты от электромагнитных излучений не требуется.

#### 4.2.6 Уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [11].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота  $f$ , Гц;
- амплитуда колебаний  $d$ , мм. Гигиенические нормы вибрации приведены

в таблице 27.

Таблица 27 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации штангового глубинного насоса являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;

- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы;

- Во время работы насосных агрегатов необходимо использовать средства индивидуальной защиты (специальные рукавицы, перчатки, прокладки, виброзащитная обувь).

#### **4.2.7 Повышенный уровень загазованности**

Повышенная загазованность воздуха является опасным производственным фактором для здоровья человека. Степень поражения организма при наличии такого производственного фактора, как загрязненность и загазованность воздуха зависит от типа и концентрации вредных веществ.

Средства коллективной защиты от повышенной загазованности:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими, что позволяет вывести работающего из опасной зоны, устранить тяжелый ручной труд;

- хорошая герметизация оборудования, трубопроводов, своевременное и качественное обслуживание и ремонт оборудования, способствующие снижению поступления в воздух различных вредных веществ;

- устройство правильно организованной рациональной вентиляции и кондиционирования воздуха с целью его очистки, удаления или разбавления до допустимых концентраций вредных выделений.

При недостаточной эффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ): респираторы противогазного типа, противогазы со специальными нейтрализующими газ насадками.

### **4.3 Экологическая безопасность**

#### **4.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.

Воздействие на атмосферу также незначительное, т. к. системы автоматики позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.



#### **4.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду**

В процессе эксплуатации штангово-глубинного насоса входящей в состав установки станок-качалка-насос, а именно транспортировании газожидкостной смеси, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу». Испарение нефти и нефтепродуктов с поверхностей происходит достаточно легко при любой температуре. При этом выделяются низкомолекулярные углеводороды с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

При добыче нефти на поверхность вместе с ней извлекается большое количество пластовой высокоминерализованной воды.

Извлеченную на поверхность пластовую воду отделяют путем отстоя от нефти и закачивают снова в пласт через нагнетательные или специально пробуренные поглощающие скважины. Нефтяной газ, содержащий  $H_2S$  и  $CO_2$ , идет на сжигание на факел или на собственные нужды, то есть в печь.

#### **4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны резервуаров, сепараторов, отстойниках.

В целях защиты атмосферного воздуха от загрязнения, сброс газа с ППК предусматривается через дренажную емкость на факел для сжигания.

С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные

сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;
- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;
- Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;
- Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

### **4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **4.3.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований**

Основными вероятными ЧС, при разработке и эксплуатации штангового глубинного насоса являются пожар и взрыв.

В связи с тем, что участки трубопроводов на установке штангового глубинного насоса являются взрывоопасными то, необходимо рассмотреть взрывобезопасность. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс штангово-глубинного-насоса.

### **4.3.2 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований**

При вводе в эксплуатацию ШГН все также вероятными ЧС остаются пожар и взрыв. При этом также необходимо учесть, возможные ЧС аварий связанных с выбросом химических веществ или высокой степени загазованности.

Еще одним вероятным ЧС может быть авария на электроэнергетических установках с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей.

### **4.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации**

Пожарную безопасность можно обеспечить мерами пожарной профилактики, а также активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает в себя комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита включает меры, обеспечивающие успешное противодействие пожарам или взрывоопасной ситуации.

Возникновение пожара в помещении, где установлено дорогостоящее оборудование, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Возникновение чрезвычайной ситуации может привести к частичной потере информации, связанной с большими трудностями восстановления всей информации в полном объеме, либо к необратимой утрате важной информации.

Согласно нормам технологического проектирования [8], помещение в котором осуществлялась разработка системы стабилизации, относится к категории В (пожароопасные).

Основные причины возникновения возгораний:

- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей;
- применение неисправных электроприборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- курение в неустановленных местах.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначить ответственного за их проведения.

При возникновении пожара необходимо отключить сеть питания, вызвать пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара первичными средствами пожаротушения.

Для тушения пожаров в помещении необходимо установить углекислотный огнетушитель типа ОУ-5.

Покидать помещение согласно плану эвакуации.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [16].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

Для предотвращения высокого уровня загазованности при вводе в эксплуатацию объекта, необходимо отключить активные трубопроводы и

использовать байпасные для активной работы, основные узлы подключить при перекрытых трубопроводах. Установить датчики загазованности и сигнализацию. В случае возникновения ЧС покинуть площадку согласно плану эвакуации, надеть СИЗ – респираторы, противогазы. Отключить источники тока, включить в ручном или автоматическом режиме принудительную вентиляцию.

Для предотвращения аварий систем электроснабжения иметь резервную систему автономную. При этом учесть категорию потребителя I, спроектировать резервную систему с автоматическим переключением. При вводе в эксплуатацию отключить источники питания, подходящие к объекту до полного монтажа.

#### **Вывод по главе социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены воздействия опасных и вредных факторов при работе в диспетчерской на оператора АСУ ТП. Рассмотрены нормирования показателей микроклимата, шума, освещенности. Дополнительных средств индивидуальной защиты не требуется. Была рассмотрена электробезопасность, указаны потенциальные источники поражения электрическим током. Были описаны эргономические требования к рабочему месту оператора АСУ ТП. Подробно рассмотрели ЧС – пожаробезопасность и взрывобезопасность. Описаны потенциальные источники возгорания и взрыва, а также меры безопасности.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была реализованная автоматизированная система управления станка-качалки-насоса. Было составлено техническое задание, согласно, которому проектировалась система. Был рассмотрен технологический процесс работы станка-качалки-насоса. Был разработан пакет документации, включающий в себя схемы автоматизации, структурную схему, мнемосхемы, схему внешних проводок и т.д. Нижний уровень был реализован на датчике давления Yokogawa, датчике расхода MGX2, амперметре EKF AM-D723, подобраны датчики нагрузки Interface, а также датчик положения Honeywell 103SR12-A1. При этом на всех этапах нижнего уровня был произведен выбор из альтернатив. Средний уровень представляет собой контроллер Allen-Bradley SLC500. Был разработан алгоритм автоматического регулирования расхода нефти. Был смоделирован переходный процесс на управляющие воздействие и на возмущающее. В заключительной части проектирования была решена задача экранных форм и мнемосхем, с использованием SCADA системы Trace Mode 6.09.

В заключение отметим, что спроектированная система станка-качалки-насоса удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации. При этом, согласно ТЗ, система имеет возможность наращивания и модернизации.

## Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-13 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 2014.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

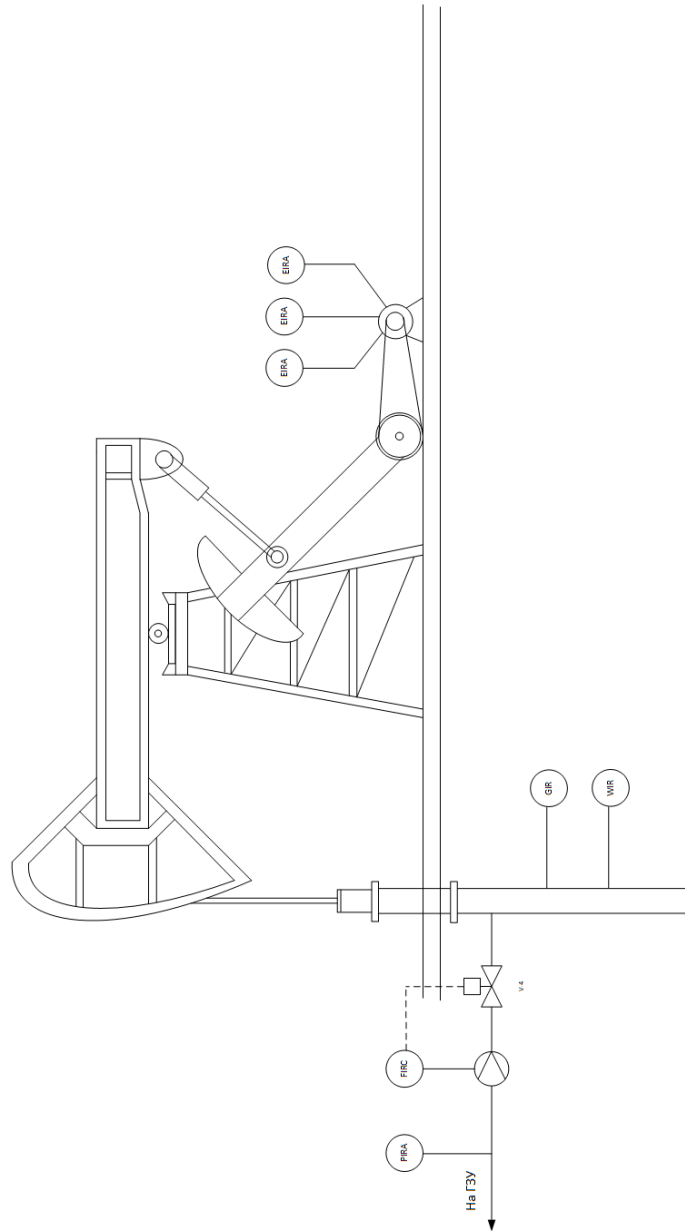
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
14. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
15. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
16. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.



# Приложение А

(Обязательное)

## Схема автоматизации упрощенного типа



## Приложение Б

(Обязательное)

### Техническое задание

В данном разделе описывается техническое задание, которое подробно рассматривает все задачи создания автоматизированной системы управления технологическими процессами штангового глубинным насосом (ШГН).

Основанием для выполнения работ по теме является задание на выполнение по созданию АСУ ТП ШГН.

АСУ ТП ШГН предназначена:

- для поддержания установленных режимов технологического процесса, при помощи контроля технологически параметров, воздействия и формирования управляющих воздействий на исполнительные механизмы, визуализация технологического процесса;

- для выявления аварийных режимов всей системы, путем постоянного опроса датчиков, которые подключены к системе, непосредственного анализа измерений, а также изменения технологического режима в безопасное, посредством воздействия на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и по инициативе оператора.

- для осуществления автоматизированного контроля и управления в реальном масштабе.

Цели создания системы:

- ресурса эффективность, а именно снижение материальных и энергетических затрат;

- увеличение выхода товарной продукции;

- предотвращение аварийных ситуаций;

- улучшение качественных показателей.

## **Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение Системы должно обеспечивать реализацию перечисленных в данном ТЗ функций, а также выполнение операций конфигурирования, программирования, управления базами данных и документирования.

Прикладное программное обеспечение АСУТП должно обеспечить реализацию требуемых алгоритмов контроля, регулирования, отображения информации, сигнализации и архивирования данных.

## **Требования к системе**

Автоматизированная система должна быть спроектирована, как открытая иерархическая распределенная система с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

Должна быть обеспечена надежная защита АСУТП:

- от несанкционированного доступа;
- от разрушения или останова работы программного обеспечения в результате некорректных действий оператора технологического процесса;
- от проникновения в систему вирусов.

Создаваемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям:

ГОСТ 24.104-85 ЕСС АСУ ТП "Автоматизированные системы управления. Общие требования";

Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств", утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 года N 96.

## **Требования к техническому обеспечению**

Комплекс аппаратно-технических средств полевого оборудования должен

быть подобран во взрывозащищенном исполнении с искробезопасными цепями. Предусмотреть работу с агрессивными средами и работой в жестких климатических условиях от минус 50 °С до плюс 40 °С.

Полевое оборудование должно быть подобрано с выходными унифицированными сигналами 4-20 мА с протоколом HART, дискретные сигналы 0-24 В. Время восстановления должно составлять не более 10 минут.

Полевое оборудование должно обеспечивать непрерывное преобразование измеряемых величин технологических параметров (давление, расход, положение, нагрузка и др.) и непосредственное управление параметрами технологического процесса. Полевое оборудование, включающее в себя первичные преобразователи, регулирующие клапаны, устройства управления электроприводами, должно размещаться на наружной установке. Для приборов должны быть предусмотрены меры защиты от климатических воздействий.

Контроллерное оборудование должно иметь возможность самодиагностики. Время восстановления не более 5 минут. Предусмотреть возможность наращивания, система должна быть реализована на контроллерах модульной конструкции, либо возможностью подключения дополнительных модулей ввода/вывода.

### **Требования к метрологическому обеспечению**

Приведенная погрешность измерения технологических параметров АСУ ТП не должна превышать 0,25% для каналов измерения давления, расхода.

Приведенная погрешность датчика нагрузки и положений не должна превышать 0,05%.

Измерительные устройства должны иметь возможность самостоятельной калибровки.

Измерительные каналы системы должны удовлетворять требованиям метрологической совместимости, т.е. иметь единый состав нормируемых метрологических характеристик (ГОСТ.8.009-84) [18].

Все средства измерения, входящие в АСУ ТП, должны иметь

свидетельство (сертификат) об утверждении типа средств измерений, выданный органами Госстандарта РФ. Должны быть представлены копии свидетельств (сертификатов) об утверждении типа средств измерений, приложения к ним и методики поверки.

Информация о технологических параметрах должна представляться в единицах измерения, с указанием знака параметра и обозначением единиц измерений в соответствии с требованиями ГОСТ 8.430-88 [19].

### **Требования к надежности**

К надежности систем предъявляются следующие требования:

- 1) средняя наработка на отказ не менее 30 000 часов;
- 2) средний срок службы не менее: 5 лет.

Датчики давления, температуры должны иметь возможность самодиагностики.

### **Требования к электропитанию и электрозащите**

АСУ ТП относится к электроприемникам особой группы I категории (по ПУЭ).

Питание резервированных источников питания АСУ ТП должно быть организовано от разных источников бесперебойного питания.

Переключение основного и резервного источника питания должен осуществляться автоматически без отключения системы.

Все полевое оборудование должны быть заземлены. Необходимо установить общий контур заземления.

Элементы ПТК должны сохранять работоспособность при следующих параметрах питающей сети: напряжение: 220 В плюс 10% минус 15%; частота: 50 Гц от плюс 1 до минус 1 %.

## **Требования к программному обеспечению**

Программные средства АСУ ТП ШГН должны отвечать следующим требованиям:

- функциональная достаточность;
- восстанавливаемость;
- возможность модификации;
- построение модульным типом;
- удобство использования.

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП ШГН, в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно состоять из системного, общего прикладного и специального прикладного ПО.

## **Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

Информационное обеспечение должно включать:

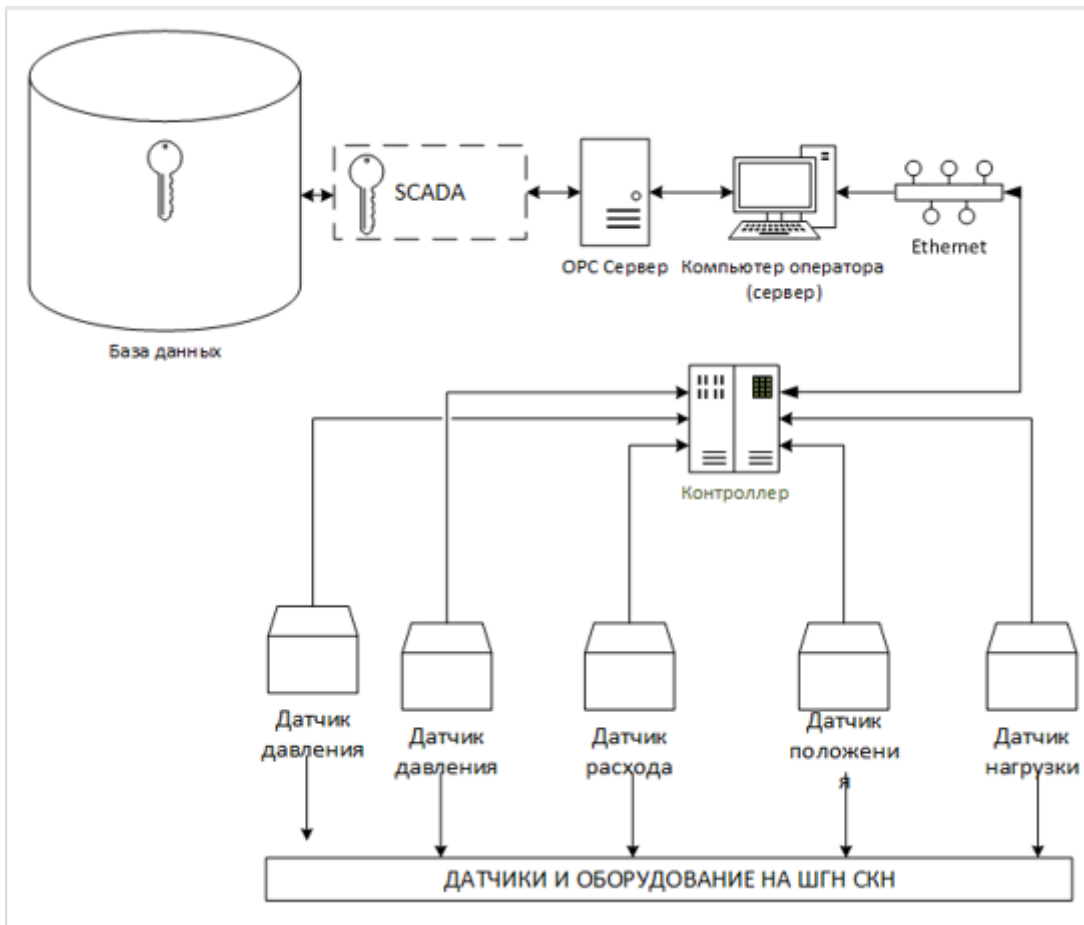
- систему классификации и кодирования информации;
- информационные массивы, включая входную аналоговую и дискретную информацию, результаты расчета и наиболее важные промежуточные результаты, справочную информацию;
- описание процедуры сбора и передачи информации;

- систему организации базы данных реального времени и архивных данных (протокол событий и историческая база данных);
  - формы выходных документов (отчетные листы, ведомости);
- требования к организации ЧМИ, включая способы отображения информации на экране.

## Приложение В

(Обязательное)

### Обобщенная структурная схема

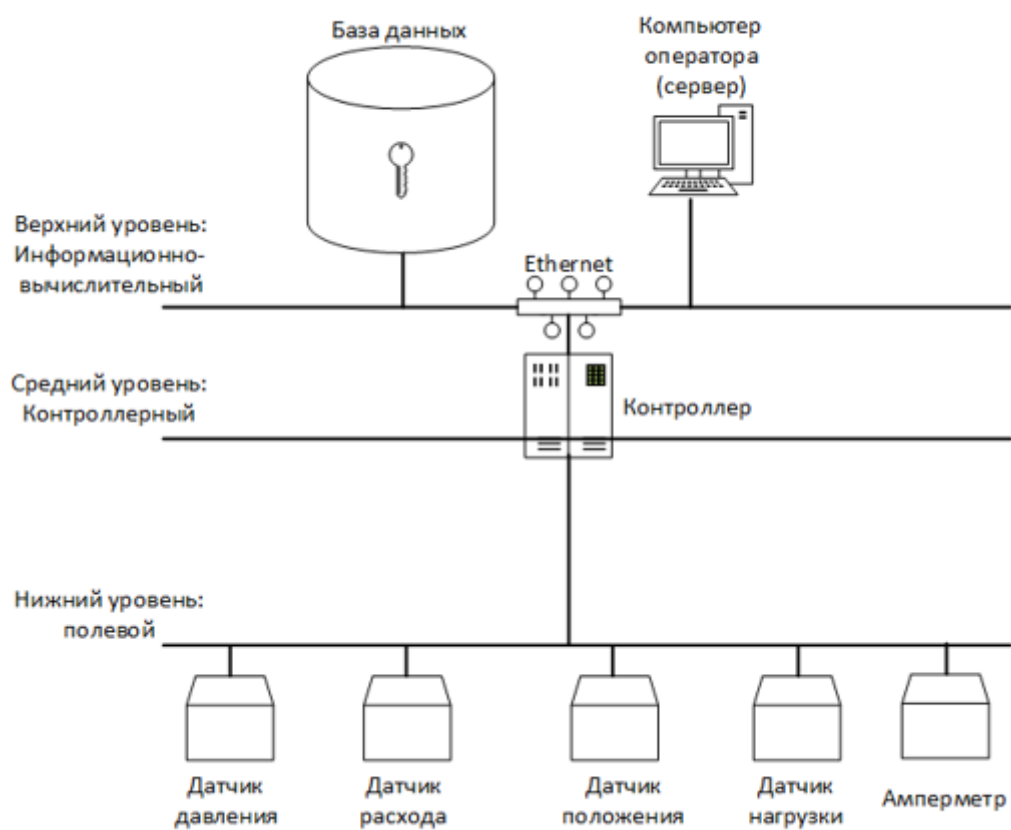




# Приложение Г

(Обязательное)

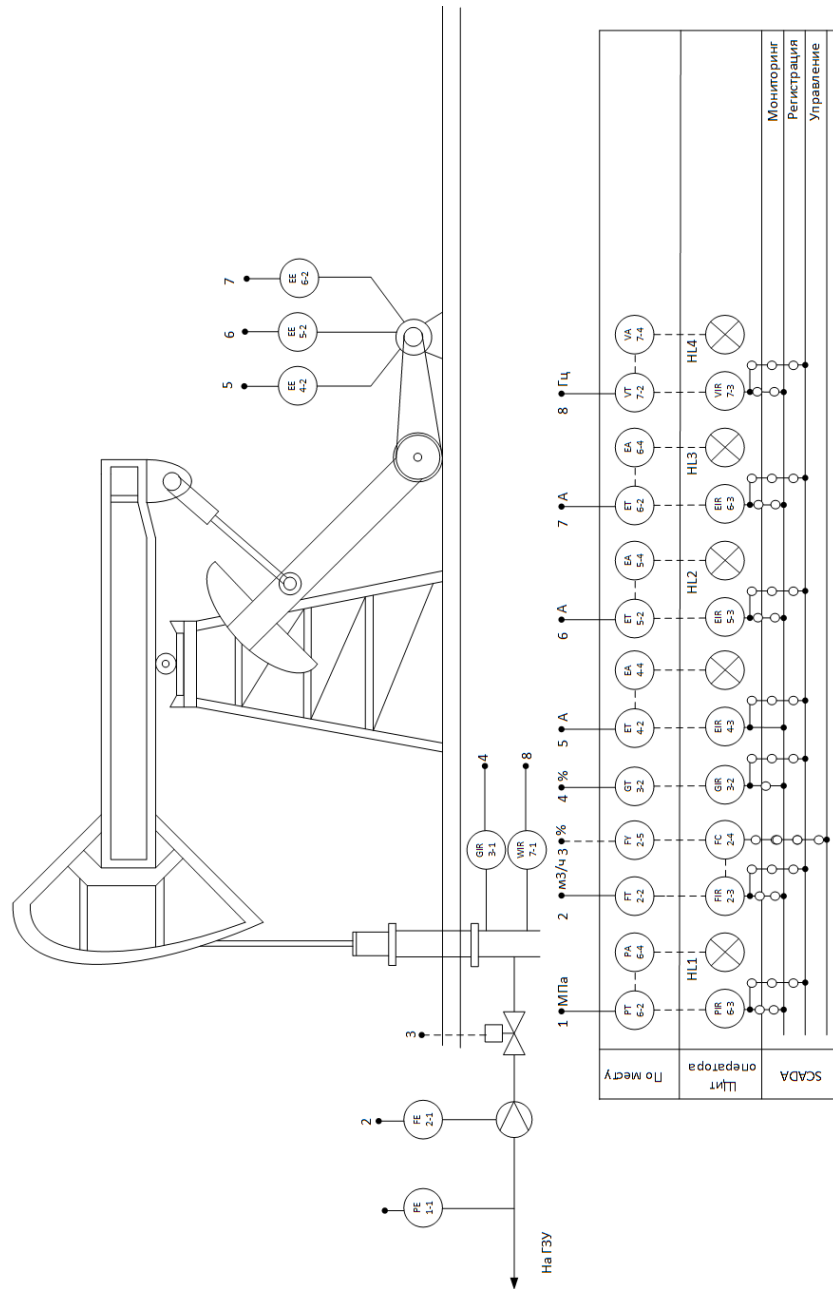
## Трехуровневая структурная схема



# Приложение Д

(Обязательное)

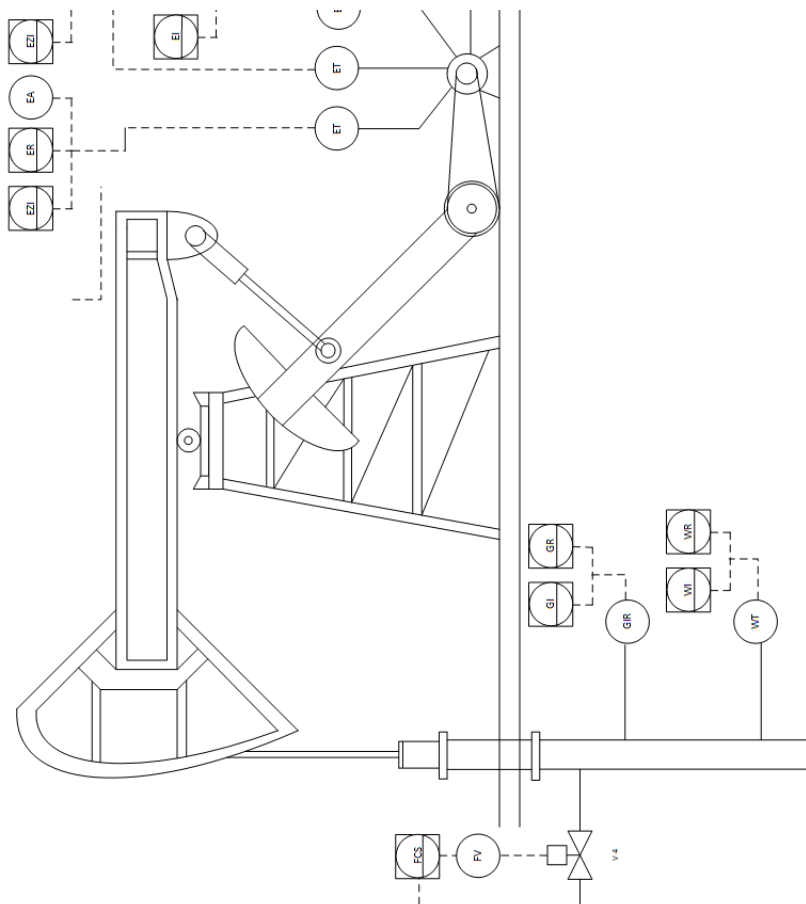
## Схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013



# Приложение Е

(Обязательное)

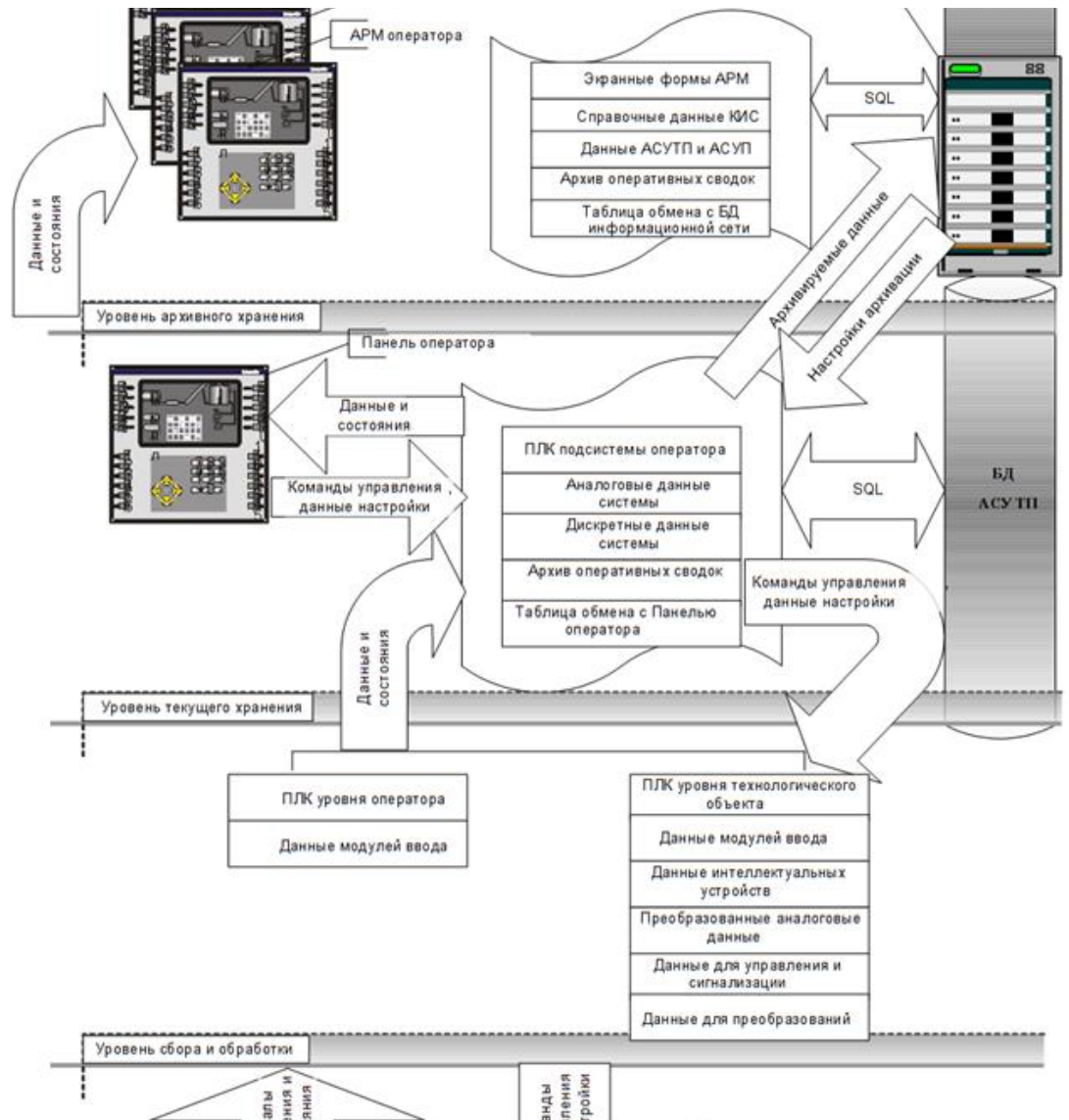
## Схема автоматизации по ANSI/ISA



# Приложение Ж

(Обязательное)

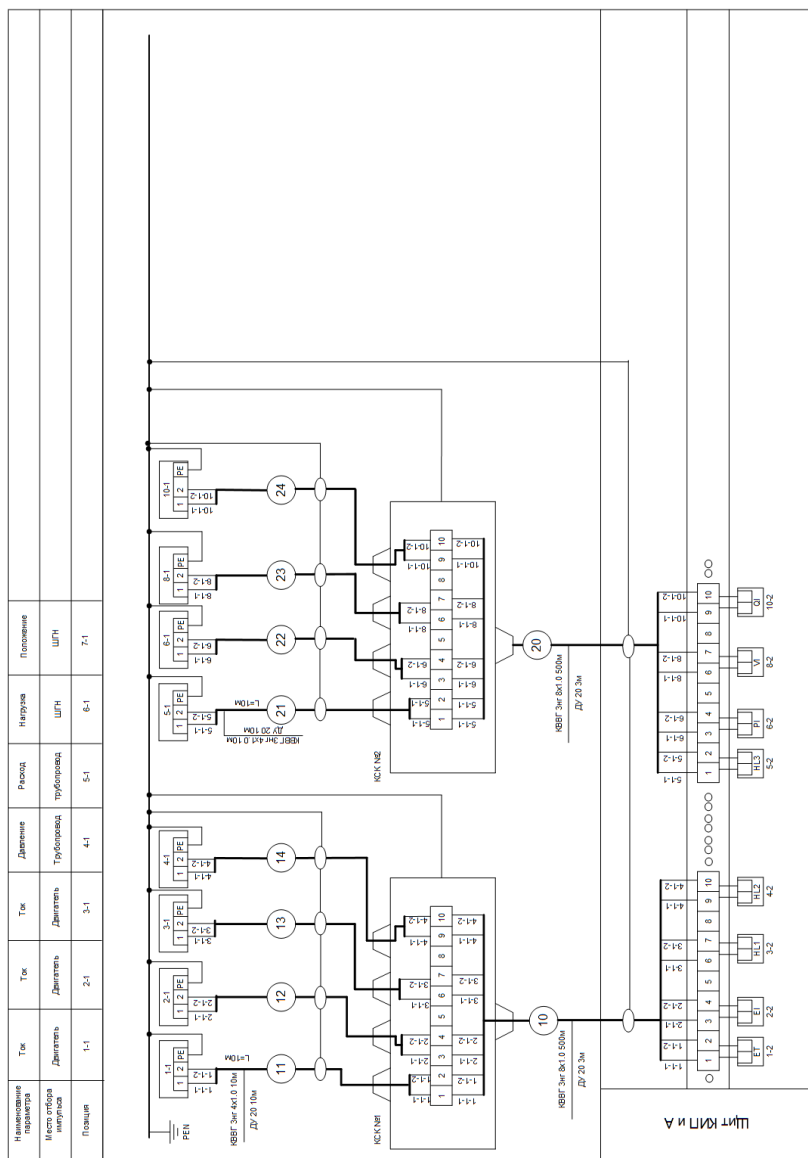
## Схема информационных потоков



# Приложение 3

## (Обязательное)

### Схема внешних соединений



# Приложение И

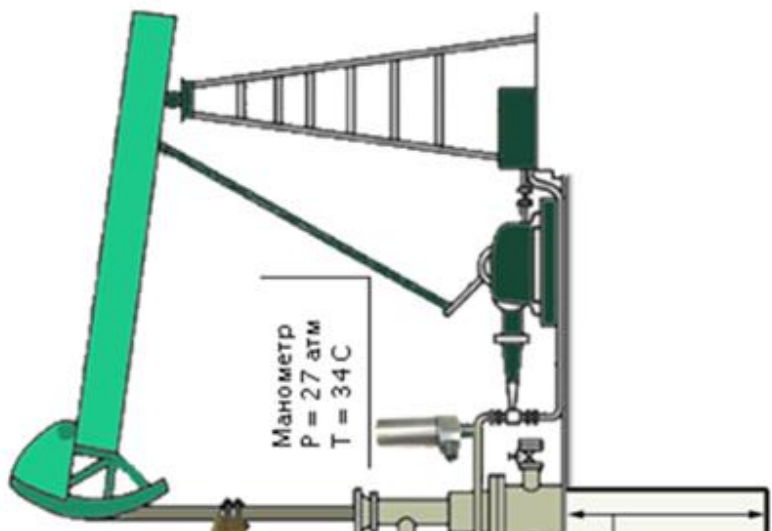
(Обязательное)

## Алгоритм сбора данных



# Приложение К

## (Обязательное) Мнемосхема



Свойства воздуха в различных областях	
Активная мощность: 18 000 кВт	
Реальная мощность: 8 000 кВт	
Полная мощность: 18 079 кВт	
Средняя акт. скорость: 0,50 м/с	
Средняя реал. скорость: 0,12 м/с	
Начальная фаза А: 213,3 В	
Начальная фаза В: 213,3 В	
Начальная фаза С: 213,3 В	
Тем. фазы А: 15,301 А	
Тем. фазы В: 15,301 А	
Тем. фазы С: 15,301 А	

Диагностика неисправностей: норма	
TC1 Работает	TC2 Работает
TC3 Работает	TC4 Работает
Анализ отвал отвал А1 9,61	Фикс. отвал
Анализ отвал отвал А2 9,62	Фикс. отвал
Анализ отвал отвал А3 9,63	Фикс. отвал
Анализ отвал отвал А4 9,64	Фикс. отвал
Анализ отвал отвал А5 9,65	Фикс. отвал
Анализ отвал отвал А6 9,66	Фикс. отвал