

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

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Отделение автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Модернизация автоматизированной системы «станок – качалка - насос»</b>
УДК 681.586:622.276.53.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Громаков Евгений Иванович	доцент, к.т.н.		
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	доцент, к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение автоматизации и робототехники

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3–8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич

Тема работы:

**Модернизация автоматизированной системы «станок – качалка - насос»**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2018

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

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	16.04.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич		

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

---

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018 г.	Основная часть	60
04.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
31.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц машинописного текста, 22 таблицы, 18 рисунков, 1 список использованных источников из 17 наименований, 7 приложений.

Ключевые слова: СКН, электродвигатель, электронагреватель, клапан с электроприводом, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, локальный программируемый логический контроллер, коммутационный программируемый логический контроллер, протокол, SCADA-система.

Объектом исследования является станок-качалка-насос.

Цель работы – разработка эскизного проекта модернизации автоматизированной системы управления станок-качалка-насос с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ПЛК БАЗИС- 100, с применением SCADA-системы GENESIS32

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

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	9
1 Техническое задание .....	12
1.1 Назначение системы .....	12
1.2 Цели создания системы .....	12
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	13
1.4 Требования к метрологическому обеспечению .....	14
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению .....	14
2 Основная часть .....	16
2.1 Описание технологического процесса .....	16
2.2 Разработка структурной схемы АС .....	18
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	20
2.4 Разработка схемы информационных потоков .....	21
2.5 Комплекс аппаратно-технических средств .....	24
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования .....	24
2.5.2 Выбор устройств измерения .....	26
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов .....	35
2.7 Разработка схемы внешних проводок .....	38
2.8 Выбор алгоритмов управления АС СКН .....	38
2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений .....	39
2.8.1.1 Обработка дискретного сигнала .....	39
2.9 Алгоритм автоматического регулирования .....	43
2.10 Экранные формы АС СКН .....	46
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	49
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	50
3.1.1 Технология QuaD .....	50
3.1.2 SWOT – анализ .....	52
3.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	54
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	54
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования .....	56
3.3 Бюджет научно-технического исследования .....	58
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование .....	59
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	59

3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	61
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	61
3.3.6	Накладные расходы.....	62
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	62
3.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
	Профессиональная социальная безопасность .....	70
4.1	Анализ выявленных вредных факторов.....	70
4.1.1	Повышенный уровень шума .....	70
4.1.2	Производственная вибрация .....	71
4.1.3	Электромагнитное излучение .....	72
4.2	Анализ опасных факторов.....	74
4.2.1	Электробезопасность .....	74
4.3	Экологическая безопасность.....	74
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
4.5	Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	77
	Заключение .....	79
	Список используемых источников .....	80



## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Определения

**автоматизированная система (АС)** – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

**интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)** – совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

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

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

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

**интерфейс оператора:** совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

**профиль АС:** определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

**протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.):** набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

**технологический процесс (ТП):** последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

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

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

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

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

### **Обозначения и сокращения**

OSI (Open Systems Interconnection) – Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

PLC (Programmable Logic Controllers) – Программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) –Человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – Степень защиты;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА– контрольно-измерительные приборы и автоматика;

## **Введение**

Такие факторы современной экономической ситуации как истощение ресурсов нефтяных пластов, высокая стоимость электроэнергии, ограниченный объем средств на ремонт скважин, а также высокая трудоемкость проводимых работ обуславливают необходимость автоматизации процессов нефтедобычи. Автоматизация – это один из факторов, позволяющих повысить производительность и улучшить условия труда.

Автоматизация скважин, эксплуатируемых штанговыми глубинными насосами (ШГН) заключается, прежде всего, в контроле таких технологических параметров, как динамограмма, динамический уровень жидкости, ваттметрграмма, потребляемый ток, частота качаний, давление на устье скважины. Функции управления должны обеспечивать дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, периодический режим эксплуатации, плавное регулирование скорости вращения электродвигателя при помощи преобразователя частоты.

Созданием средств автоматизации ШГН занимаются многие зарубежные и отечественные предприятия: Lufkin Automation (США), НПП «Грант» (Уфа), НПФ «Интек» (Уфа), ООО «Микон» (Н. Челны), ТНПВО «Сиама» (Томск) и другие. Тем не менее, абсолютными успехами в этом направлении не может похвастаться ни одна фирма и объясняется это, прежде всего бурным развитием измерительной, преобразовательной и микропроцессорной техники, предоставляющей разработчикам возможности решения все более и более сложных задач.

В данном проекте выполнена разработка эскизного проекта модернизации автоматизированной системы управления станок-качалка-насос.

# 1 Техническое задание

## 1.1 Назначение системы

Основное назначение автоматизированной системы СКН:

- стабилизации режимов ТП посредством контролирования технологических параметров, визуального представления, а также подачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы в автоматическом и ручном (выполнение последовательности действий технологом-ом) режимах;
- выявления аварийных ситуаций на технологических узлах посредством проведения опроса датчиков входящих в состав системы в автоматических режимах, а также анализ измеренных значений и переключение технологических узлов в рабочее состояние посредством подачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы в автоматическом или ручном режимах;
- обеспечения автоматизированного контроля и управления в реальном масштабе.

## 1.2 Цели создания системы

Основные цели создания АСУ ТП:

- обеспечение стабилизации эксплуатационных показателей оборудования и режимных параметров ТП;
- увеличение товарооборота;
- снижение производственных затрат;
- подбор более рациональных технологических режимов за счёт учета показаний промышленных анализаторов, и оперативной корректировки режима опираясь на данные, полученные в результате проведения лабораторных исследований;
- повышение качества производимой продукции;
- предупреждение аварийных ситуаций.

### 1.3 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, установленное на открытой местности должно выдерживать воздействие температуры от минус 50°C до плюс 50°C и влажности не менее 80% при температуре 35°C.

Автоматизированная система СКН должна иметь возможность наращивания, масштабирования и последующей модернизации всей системы.

Комплекс технических средств АСУ ТП должен обеспечивать реализацию определенных данным ТЗ функций, и при этом в его основе должны лежать следующие специализированные программно-технические комплексы:

- Средства КИПиА, включая исполнительные механизмы, измерительные датчики, микропроцессорные регуляторы,
- Периферийные подсистемы управления на базе микропроцессорных устройств, или контроллеров,
- Многофункциональные станции для операторов и инженеров,
- Системы архивирования данных,
- Сетевая аппаратура,
- Специализированные системы противоаварийной защиты (ПАЗ),
- Метрологические приборы поверки оборудования.

Система измерений должна быть построена исходя из того, что в её основе должны лежать электронные датчики давления, динамометрии, деформации, положения, вязкости нефти.

Средства измерения должны передавать информацию, при помощи стандартных сигналов входящих в диапазон 4-20 мА.

Датчики, используемые в системе, должны удовлетворять требованиям использования с агрессивными средами. При выборе датчиков рекомендуется отдавать приоритет оборудованию, оснащённому искробезопасными цепями.

В целях обеспечения свободной компоновки каналов ввода/вывода, контроллеры должны быть построены на модульной архитектуре. В случае

необходимости получения информации с датчиков, которые находятся во взрывоопасной среде, возможно использование как модулей оснащённых искробезопасными входными цепями, так и внешних барьеров искробезопасности, размещаемых в отдельном конструктиве.

#### **1.4 Требования к метрологическому обеспечению**

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности резервуара и насосов представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работоспособности системы.

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к погрешности измерительных каналов

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Ваттметрирование	$\pm 2\%$
2	Давление	$\pm 0,1\%$
3	Вязкость	$\pm 1\%$
4	Положение	$\pm 0,75\%$
5	Деформации	$\pm 1\%$
6	Температуры	$\pm 1\%$

#### **1.5 Требования к программному и информационному обеспечению**

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя:

- системное программное обеспечение - операционные системы;
- инструментальное программное обеспечение;
- общее прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Программное обеспечение, которое входит в состав терминала должно иметь русскоязычный интерфейс, лицензионный антивирус, при этом доступ к терминалу возможен только зарегистрированными пользователями, которые прошли аутентификацию.

Также программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- обработку и хранение параметров и данных полученных с датчиков во время протекания технологического процесса;
- отображение мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов в режиме реального времени;
- возможность изменения параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

## 2 Основная часть

### 2.1 Описание технологического процесса

Станок-качалка относится к элементам, которые участвуют в эксплуатации нефтедобывающих скважин с использованием штанговых насосов. К тому же такое оборудование входит в число наземных приводов штанговых глубинных насосов. Специалисты - нефтяники дают ему такое определение, как «индивидуальный балансирный механический привод штангового насоса» или просто «качалка». По принципу действия станок-качалка нередко сравнивают с ручным велосипедным насосом, который преобразовывает возвратно – поступательное движение в воздушный поток. От станка-качалки нефтяной насос преобразует подобные движения в поток жидких углеводородов, которые поступают на поверхность по насосно – компрессорным трубам.

Рассмотрим принцип и последовательность работы станка-качалки. Электродвигатель вращает механизмы станка-качалки, балансир движется по принципу качели в результате подвеска устьевого штока получает возвратно-поступательные движения. Полученная энергия передаётся на стальные стержни (штанги), скрученные друг с другом с помощью специальных муфт. Через эти стальные стержни энергия передаётся штанговому насосу, который начинает качать нефть и подавать её наверх.

На рисунке 1 представлена схема АСУ ТП работы скважины, обустроенной ШГН (обеспечение работы скважины в режиме периодической подачи продукции на поверхность).

Позиция 2 – маслonaполненная печь, предназначенная для подогрева нефти на скважинах с высокой температурой её застывания ( $>+ 25^{\circ}$ ).



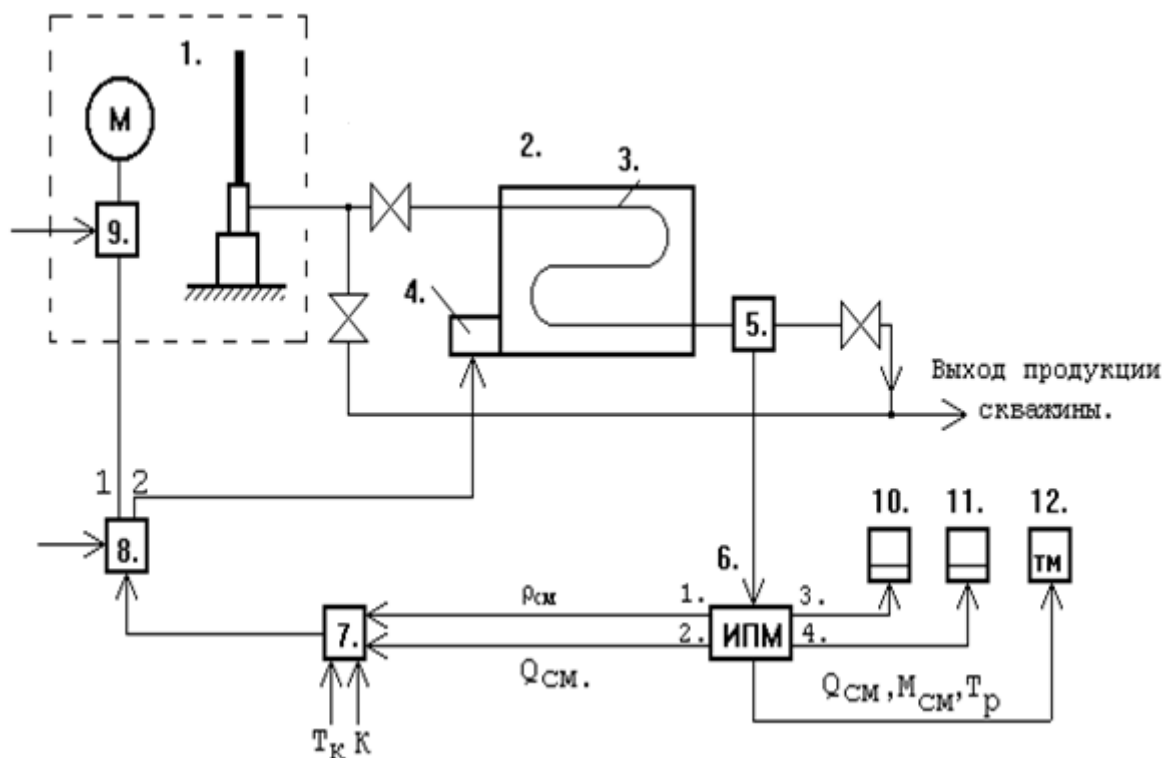


Рисунок 1 – Система управления режимом работы скважины.

Данная система построена на основе следующих элементов:

1 - скважина; 2 - маслонеполненная печь (устанавливается при большом содержании парафина в нефти); 3 – змеевик; 4 – электронагреватель; 5 – преобразователь ИПМ 50; 6 – электронное устройство ИПМ-50; 7 – анализатор характера подачи продукции скважины; 8 – электропусковая аппаратура; 9 – станция управления СКН; 10,11 – самопишущие приборы; 12 – блок телемеханики.

До модернизации АСУ ТП было установлено следующее оборудование:

1. Датчик давления – Сапфир-22 МПС.
2. Датчик температуры – ОВЕН ДТС.
3. Датчик тока – ЕКФ АМ-D723.
4. Датчик положения ДП-3.

В связи с повышением требований к технологическому процессу, а также с моральным старением оборудования необходимо провести модернизацию вышеописанных узлов, а также ввести дополнительное

оборудование для других технологических параметров. Разработаем функциональную схему АСУ ТП.

Функциональная схема АСУ ТП работы скважины, обустроенной ШГН приведена в приложении А.

Ниже представлены основные элементы функциональной схемы:

1 – датчик усилия (JISA – измерение, защита, сигнализация) располагается на штоке над верхней траверсой; 2 – датчик деформации балансира (NISA – измерение, защита, сигнализация); 3 – датчик положения (GIR – измерение, регистрация), устанавливаемый на редукторе станка-качалки, работающий на эффекте Холла; 4 – датчик вязкости (VIR – измерение, регистрация); 5 – электродвигатель СКН; 6 – датчики ваттметрирования (EIRC – измерение, регистрация для контроля энергетических параметров: тока и напряжения электропусковой аппаратуры; 7, 10, 13 – датчики давления (PIRC – измерение, регистрация, управление); 8, 9, 12 – датчики положения электрозадвижек (GA – сигнализация); 11 – термодатчик (TIR – измерение, регистрация); 14 – датчик давления (PIR).

## **2.2 Разработка структурной схемы АС**

Автоматизированная система управления СКН построена по принципу иерархического распределенного управления, т.е. в виде трехуровневой структурной системы.

Трехуровневая структура автоматизированной системы представлена в приложении Б и содержит следующие уровни:

- нижний или полевой уровень содержит первичные датчики, а именно для автоматизированной системы СКН (датчик усилия, датчик деформации, датчик положения, датчик вязкости, датчик ваттметрирования, датчик давления, датчик температуры, газоанализатор), а также приводы запорной и регулирующей арматуры, исполнительные устройства агрегатов и установок;

- средний уровень или контроллерный содержит программируемый локальный контроллер, контуры авторегулирования и стабилизации;
- верхний уровень или информационно-вычислительный содержит контроллер, выполняющий роль концентратора. Также на верхнем уровне располагаются сервера БД и компьютеры оператора АСУ, которые объединены локальной сетью Ethernet. На компьютере оператора АСУ в качестве операционной системы используется Windows 7 и SCADA MasterSCADA.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на контроллерный уровень программируемому логическому контроллеру, который в свою очередь, выполняет следующие задачи:

- собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и информацию о параметрах используемого оборудования;
- автоматизированное управление технологическим процессом;
- выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- обменивается информацией с пунктом управления.

В свою очередь информация с ПЛК передаётся в сеть диспетчерской посредством концентратора, расположенного на информационно-вычислительном уровне, который выполняет следующие задачи:

- собирает данные, поступающие с ПЛК со среднего уровня;
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- поддерживает единое время всей системы;
- синхронизирует работу подсистем;
- организует создание архивов по заданным параметрам;
- обменивается информацией со средним уровнем.

Операторская состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Также в операторской расположен сервер БД. На экранах оператора АСУ отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи. Контроллер среднего уровня и концентратор верхнего уровня взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В соответствии с заданием разработана функциональная схема автоматизации, которая приведена в приложении В. По ГОСТ 21.208-13

«Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

На функциональной схеме можно выделить следующие каналы измерения (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 15) и каналы управления (5, 8, 10, 13, 16, 17). Контур 7-8, 9-10, 12-13 предназначены для автоматического поддержания давления в трубопроводе.

Согласно функциональной схеме, с датчиков давления РТ007, РТ010 и РТ013 сигнал передаётся на контроллер. Контроллер в свою очередь сравнивает сигналы, поступившие с датчика, с сигналами, которые заданы, в случае расхождения показаний, контроллер автоматически регулирует положение задвижек для поддержания заданного давления.

#### **2.4 Разработка схемы информационных потоков**

В схему информационных потоков входят три уровня сбора и хранения информации:

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

На нижнем уровне приведены данные с устройств ввода/вывода. В их состав входят данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень является буферной базой данных, которая по сути выполняет функции как приемника, запрашивающего данные от внешних систем, так и их источника. Иначе говоря, она представляет собой маршрутизатор информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранам АРМ-приложений. На данном уровне из ранее полученных данных, контроллер формирует потоки

информационных пакетов. Сигналы между контроллерами среднего и верхнего уровней и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

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

- нагрузка на шток станка-качалки, Н;
- деформация балансира;
- положение штока установки ШГН;
- вязкость нефти, Па·с;
- ток электропусковой аппаратуры, А;
- напряжение электропусковой аппаратуры, В;
- давление в нефтепроводе, Па;
- угол поворота электрозадвижек, °;
- температура печи, °С;

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

AAA\_BBB

где

AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- NAG – нагрузка;
- DEF – деформация;
- POL – положение;
- VYZ – вязкость;
- IU – ток и напряжение;
- UGL – угол поворота;
- ZGZ – загазованность;
- SVT – световая сигнализация;

- SZV – светозвуковая сигнализация;
- SST – состояние.

BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- V-1 – электродвигатель №1;
- V-2 – электродвигатель №2;
- V-3 – электродвигатель №3;
- PEC – маслонеполненная печь;
- KAC – станок-качалка;
- ELE – электропусковая аппаратура;
- VYH – выход продукции скважины;
- SKV – скважина;
- DVG – двигатель СКН.

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

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
NAG_KAC	Нагрузка на шток над верхней траверсой станка-качалки
DEF_KAC	Деформация балансира станка-качалки
POL_KAC	Положение штока установки ШГН
VYZ_KAC	Вязкость нефти
SST_DVG	Состояние двигателя
NPR_ELE	Напряжения электропусковой аппаратуры
DAV_V-1	Давление на выходе электродвигателя V-1
DAV_V-2	Давление на выходе электродвигателя V-2
DAV_V-3	Давление на выходе электродвигателя V-3
DAV_VYH	Давление на выходе продукции скважины
TEM_PEC	Температура маслонеполненной печи
UGL_V-1	Угол поворота электродвигателя V-1
UGL_V-2	Угол поворота электродвигателя V-2
UGL_V-3	Угол поворота электродвигателя V-3

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм

АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы.

## **2.5 Комплекс аппаратно-технических средств**

В данном разделе осуществлён подбор оптимального по критерию "цена-качество" состава технических средств, необходимых для решения поставленной задачи по автоматизации СКН (приборов, датчиков, исполнительных механизмов, средств сбора и обработки информации, контроллерного оборудования).

При этом в выборе полевых устройств предпочтение у интеллектуальных датчиков с выходным токовым сигналом 4-20мА, корректно работающие с агрессивными средами.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную структуру для возможности последующей модернизации и расширяемости автоматизированной системы.

### **2.5.1 Выбор контроллерного оборудования**

В качестве контроллерного оборудования были рассмотрены следующие виды контроллеров:

- GE Fanuc серии 90-30;
- Schneider Electric Modicon 340;
- ОВЕН ПЛК110;

В качестве основы для построения системы автоматизированного управления СКН возьмём два ПЛК GE Fanuc серии 90-30 (рисунок 2). Выбор данной модели контроллера объясняется его архитектурой и характеристиками: возможность увеличения количества портов ввода/вывода, большое разнообразие модулей практически для любых назначений. Наличие собственной среды для разработки ПО делает работу с ним проще и удобнее. Данный контроллер удовлетворяет требованиям по временным характеристикам отработки воздействий. Контроллер и его модули хорошо зарекомендовали себя на производстве. Срок службы не менее 15 лет.



Гарантийное обслуживание составляет 3 года с момента ввода в эксплуатацию оборудования. Представители данной службы находятся во всех крупных городах России. Один контроллер будем использовать как локальный, а другой как коммуникационный, при этом связь между ними будет осуществляться на базе интерфейса Ethernet.



Рисунок 2 – GE Fanuc Series 90-30

ПЛК Series 90-30 – семейство контроллеров, систем ввода/вывода и специальных модулей, разработанных для решения многочисленных промышленных задач. Имея единую централизованную структуру управления и модульную конструкцию, ПЛК Series 90-30 нашли применение при решении более чем видов 200 000 задач, включая высокоскоростную упаковку, обработку материалов, управление сложным движением, очистку воды, непрерывное наблюдение за выбросами, разработку месторождений, производство пищевых продуктов, управление подъёмником, литье под давлением, а также многие другие.

Одной из причин всестороннего применения ПЛК Series 90-30 является большое разнообразие дискретных и аналоговых модулей ввода/вывода (более 100 устройств), а также специальных модулей. Кроме этого, GE Fanuc предлагает широкий диапазон коммуникационных модулей, от модулей последовательного интерфейса до высокоскоростных модулей с интерфейсом Ethernet и контроллеров шин.

Контроллеры GE Fanuc характеризуются высокой надежностью. Нарботка модулей на отказ составляет миллионы часов. Контроллеры GE

Ганус имеют сертификат TUV на применение в системах противоаварийной защиты.

## **2.5.2 Выбор устройств измерения**

### **2.5.2.1 Выбор датчика усилия**

Датчик динамометрии является основным элементом, применяемым для автоматизации СКН, т.к. данный датчик позволяет получить данные для анализа работы объекта и его состояния.

На СКН датчики усилия устанавливаются на следующих позициях:

- 1) непосредственно на самом штоке (накладные датчики);
- 2) между траверсами;
- 3) между верхней траверсой и замками;
- 4) балансир СКН.

Датчики, которые размещены над верхней траверсой, воспринимают нагрузку на шток непосредственно, и, следовательно, обеспечивают максимальную чувствительность определения усилия.

Выбора датчиков усилия происходил из следующих вариантов:

- Honeywell FS;
- Loadtrol;
- Force Measuring Sensor A203.

В качестве датчика усилия выберем датчик типа «Loadtrol» фирмы «Lufkin» (США), чувствительный элемент которого показан на рисунке 7. Выбор датчика основан исходя из экономических показателей, взаимозаменяемости элементов, показателями надежности.

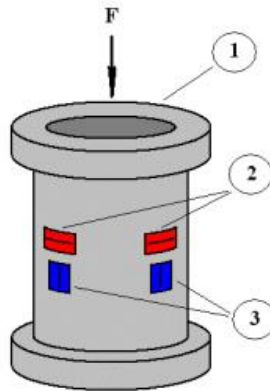


Рисунок 3 – Чувствительный элемент датчика усилия типа «Loadtrol»:

1 – упругий элемент, 2 – поперечные тензорезисторы,  
3 – продольные тензорезисторы

### 2.5.2.2. Выбор датчика деформации

Датчики усилия, которые устанавливаются на балансир, предназначены для измерения деформации балансира. Однако точности измерения таких датчиков недостаточно.

Для увеличения точности измерения деформации воспользуемся датчиком деформации. Выбор происходил из следующих вариантов:

- Astro A523;
- Epsimetal;
- Gefran\$
- EPSI AX.

Исходя из типа конструкции, возможностью простого и оперативного обслуживания, выходному сигналу согласно ТЗ 4-20 мА, а также из экономических показателей выбрали датчик EPSI AX.

EPSI AX (рисунке 4), который предназначен для измерения продольной деформации различных конструкций под статической или динамической нагрузкой.



Рисунок 4 – Датчик деформации EPSI AX

Основные характеристики выбранного датчика представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики датчика деформации

Характеристика	Значение
диапазон измерения	$\pm 500$ мкм/м
чувствительность	250 мкм/м/В
погрешность измерения	$\pm 0,5\%$
выходной сигнал	4-20 мА
материал корпуса	нержавеющая сталь
степень защиты	IP68
диапазон температур эксплуатации	$-40 \dots +70^\circ\text{C}$

### 2.5.2.3. Выбор датчика положения

Среди датчиков положения были рассмотрены варианты:

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

В качестве датчика положения, устанавливаемого на редуктор станка-качалки, выберем датчик 103SR12-A1 (HONEY) компании Honeywell (рисунок 5), работающий на эффекте Холла, так как он имеет унифицированный выходной сигнал 4-20 мА, при этом самый лучший вариант «цена/качество».



Рисунок 5 – 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 4.

Таблица 4 – 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	-40...100 °С

#### 2.5.2.4. Выбор датчика вязкости

Для выбора датчиков рассмотрены варианты:

- FVM камертонного типа;
- Aveni sense DEVIL;
- Cummins QSM 11L.

В качестве датчика вязкости выберем датчик Aveni Sense DEVIL (рисунок 6), который предназначен для масел и чистой нефти и обладает крепостью и широким диапазоном измерения вязкости. Это единственный встроенный датчик для непрерывного измерения плотности, динамической и кинематической вязкости и температуры.



Рисунок 6 – датчик Aveni Sense DEVIL

Преимущества датчика вязкости DEVIL:

- Высокие характеристики при малых размерах
- Технологии MesoScale and Selfbalancit. Конструкция MesoScale®

используется для снижения внутреннего объема чувствительного элемента до менее, чем 1 куб./см, обеспечивая свободный и легко очищаемый путь для протока жидкости. Технология Selfbalancit® позволяет делать измерения в соответствии с требованиями ASTM.

– Надежное решение для взрывоопасных сред. Прочная конструкция и простота использования являются ключевыми элементами для обеспечения стабильных метрологических характеристик. DEVIL® изготавливается из коррозионно-стойких материалов и имеет сертифицированное искробезопасное исполнение.

Технические характеристики датчика вязкости DEVIL представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика вязкости DEVIL

Характеристика	Значение
Диапазон измерения плотности	850 kg.m <sup>-3</sup> ... 1500 kg.m <sup>-3</sup>
Диапазон измерения вязкости	0.3 cP ... 400 cP
Диапазон измерения температуры	-40 °C ... 85 °C
Точность измерения плотности:	0.1 %
Точность измерения вязкости	0.8
Точность измерения температуры	0.2 °C
Т°С жидкости:	-40 °C ... 85 °C
Т°С окружающей среды:	-40 °C ... 85 °C
Выходной сигнал	4 - 20mA, HART-протокол
Материал	Нержавеющая сталь 316L, инконель, хастеллой (по желанию)
Степень защиты	IP67

#### 2.5.2.5. Выбор датчиков ваттметрирования

В качестве датчиков ваттметрирования были рассмотрены варианты:

- ДВТ-02;
- Промавтоматика ТК-166.

Для контроля за энергетическими параметрами будем использовать датчик ваттметрирования «ДВТ-02» (рисунок 10) исходя из функциональных возможностей, а также соотношению «цена/качество».

Датчик ваттметрирования «ДВТ-02» предназначен для работы в системах телемеханики и в комплексах АСУ ТП с функциональными возможностями измерения и учета следующих энергетических параметров: технические средства защит при срабатывании уставок тока, напряжения, перекоса фаз.



Рисунок 7 – Датчик ваттметрирования «ДВТ-02»

Характеристики:

- рабочее напряжение (RMS): 380 В;
- рабочий ток по каждой фазе (RMS): 12,5; 25; 50\* А;
- точность измерения тока: 1%;
- точность измерения напряжения: 1%;
- точность измерения мощности: 4%.

### 2.5.2.6. Выбор датчика давления

Для выбора датчика давления произведем сравнительный анализ следующих из средств измерений:

- Rosemount 3051С;
- КВАРЦ-2;
- Сапфир-22 М;
- Элемер АИР-20/М2-Н;

Для измерения давления в проекте используется датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н (Рисунок 8), так как он удовлетворяет по степени защиты, погрешности, межповерочному интервалу, а также по стоимости.

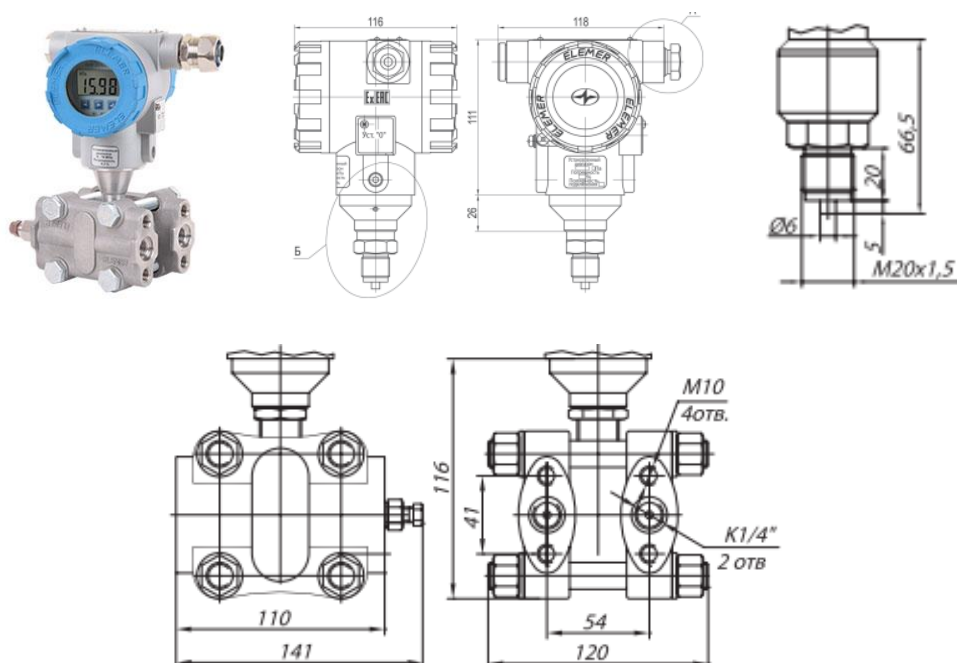


Рисунок 8 – датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н

Элемер АИР-20/М2-Н один из самых популярных микропроцессорных 8-диапазонных датчиков давления с ЖК- и СД-индикацией. Датчик предназначен для непрерывного преобразования абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления разрежения, дифференциального давления, гидростатического давления в унифицированный выходной токовый сигнал 4...20 мА.

Технические характеристики датчика давления Элемер АИР-20/М2-Н представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики Элемер АИР-20/М2-Н

Характеристика	Значение
Абсолютное давление (ДА)	1,0 кПа...6,0 МПа
Избыточное давление (ДИ)	0,16 кПа...60 МПа
Давление-разрежение (ДВ)	0,4 кПа...100 кПа
Избыточное давление-разрежение (ДИВ)	±0,15 кПа...(-0,1...+2,4) МПа
Дифференциальное давление (ДД)	0,063 кПа...16 МПа
Глубина перенастройки диапазонов	25:1
Выходной сигнал	4...20 мА + HART
Конфигурирование	клавиатура, HART-протокол
Погрешность	До ±0,1 %
Климатические исполнения:	-40...+70 °С
Пылевлагозащита	IP65



### 2.5.2.7 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры рассмотрены следующие виды датчиков:

Метран ТСМУ-274;

WIKА UT10;

ТПК 135.

Для измерения температуры печи выберем погружную высокотемпературную термопару ТПК 135 (рисунок 9), т.к по ТЗ удовлетворяет степени защиты, данный датчик имеет возможность самодиагностики, имеется протокол HART.

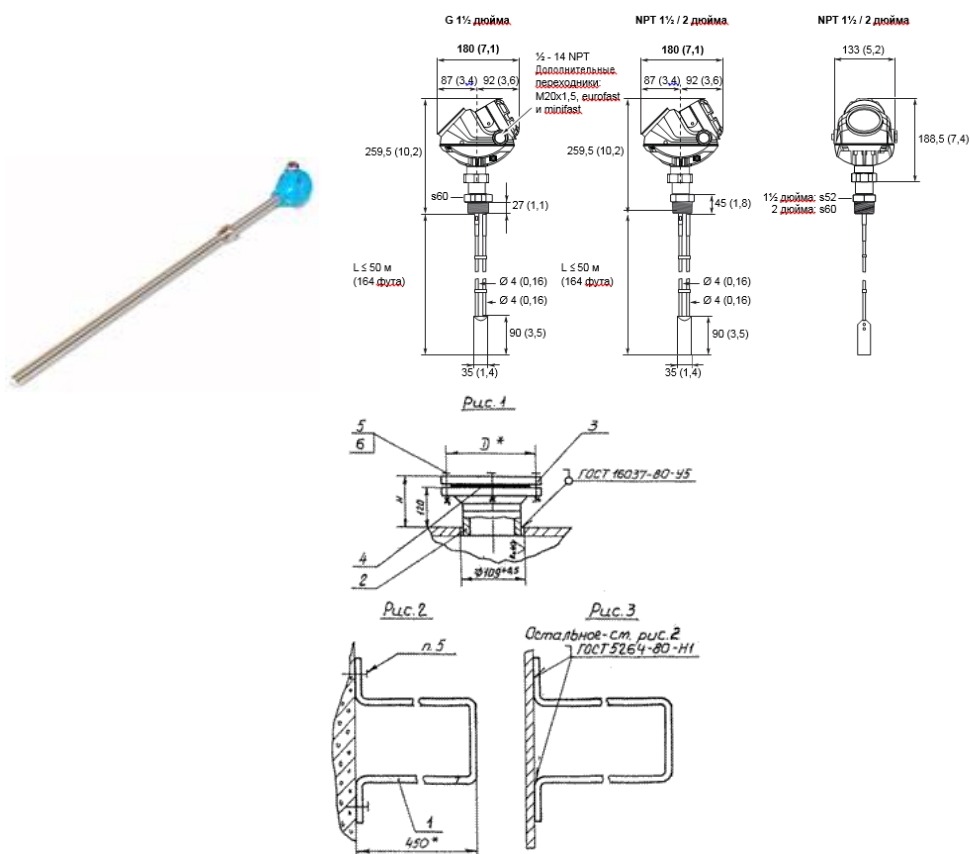


Рисунок 9 – Термодатчик ТПК 135

Преобразователя термоэлектрические предназначены для непрерывного измерения температуры жидких, паро- и газо- образных сред.

Термопара типа ТХА состоит из двух спаянных на одном из концов проводников, изготовленных из металлов, обладающих разными термоэлектрическими свойствами.

Спаянный конец, называемый "рабочим спаем", погружается в рабочую, а свободные концы ("холодный спай") подключаются ко входу измерителей, регуляторов.

Если температуры "рабочего" и "холодного спаев" различны, то вырабатывается термо-ЭДС, которая и подается на прибор. Поскольку термо-ЭДС зависит от разности температур двух спаев датчика, то для получения корректных показаний необходимо знать температуру "холодного спаия", чтобы скомпенсировать эту разницу в дальнейших вычислениях.

Основные характеристики датчика, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики датчика

Характеристика	Значение
Тип термопары (НСХ)	К (ХА)
Диапазон измерения	-40 ... 1200 °С
Погрешность измерения	±0,75 %
Исполнение рабочего спаия относительно корпуса	Изолированный / неизолированный
Диаметр термоэлектрода	3,2 мм
Степень защиты арматуры	IP 67
Условное давление	10 МПа
Межповерочный интервал	2 года
Выходной сигнал	4-20мА с протоколом HART

### 2.5.2.7 Выбор газоанализатора

Были рассмотрены газоанализаторы:

- Сигма-1М;
- Сигнал 03К-СО;
- Оптимус ИК.

В качестве газоанализатора используется Оптимус ИК (рисунок 10) – инфракрасный оптический датчик обнаружения присутствия взрывоопасных газов и предназначен для непрерывного контроля взрывоопасных концентраций метана, пропана, бутана, изобутана, пентана, циклопентана, гексана, пропилена, метанола, этанола, а также паров нефти и нефтепродуктов в области рабочей зоны в пределах от 0 до 100% НКПР.

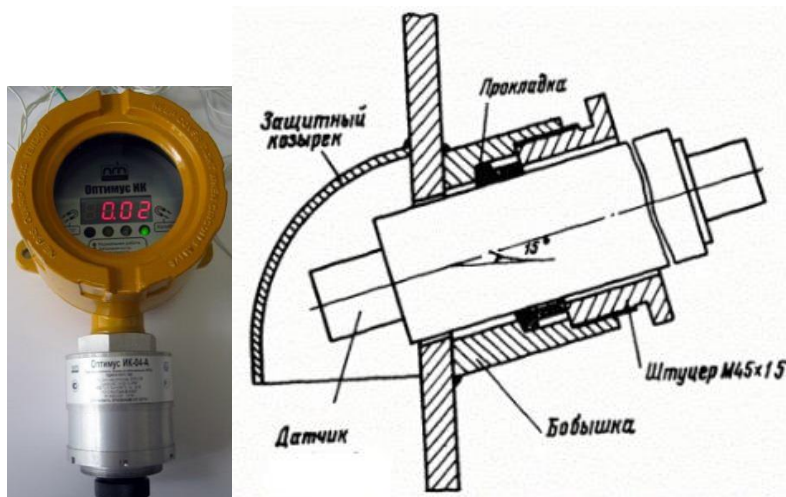


Рисунок 10 – Газоанализатор Оптимус ИК

В основу действия газоанализаторов Оптимус ИК положен принцип поглощения ИК излучения измеряемыми газами в контролируемой рабочей зоне.

Газоанализаторы Оптимус ИК имеет стандартный выходной токовый сигнал 4-20 мА, цифровой сигнал HART и RS-485 Modbus RTU, реле «сухие контакты», световую LED индикацию и дисплей.

Прочная конструкция Оптимус ИК позволяет эксплуатировать его в экстремальных климатических условиях в агрессивной атмосфере во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Газоанализатор Оптимус ИК работает при температуре от -60°C до +75°C и относительной влажности до 98%.

### 2.5.3 Выбор исполнительных механизмов

В качестве исполнительных механизмов выбран клапан с конструкционным типом – клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной типа КМР.

Рассчитаем пропускную способность клапана  $K_v$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ), при параметрах, на которых будет работать клапан.

$$K_v = Q_{\max} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}},$$

где  $\Delta p_0$  – потеря давления на клапане (ее принимают равной  $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$ );

$\Delta p$  – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

$\rho$  – плотность среды ( $\text{кг/м}^3$ );

$\rho_0=1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды (в соответствии с определением значения  $K_v$ ).

Исходными данными для расчета пропускной способности являются следующие:

$\Delta p_0$  – потеря давления на клапане принята равной  $1 \text{ кгс/см}^2$ ;

$\Delta p$  – изменение давления в трубопроводе  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ ;

$Q_{\text{max}}$  – максимальное значение расхода  $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Расчетная пропускная способность клапана должна быть не менее  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер задвижки к трубопроводу –  $D_y=250 \text{ мм}$ .

В данном проекте будет использоваться клапан MV54 с электроприводом (рисунок 11).



Рисунок 11 – Регулирующий клапан с электроприводом MV54

Регулирующие клапаны MV54 оснащенные электрическими приводными устройствами являются средством автоматизации, позволяющим осуществлять автоматическое изменение параметров регулируемой среды по заданному алгоритму. Контроллер получая сигнал от датчиков, работая по заложенному в него алгоритму, изменяет управляющий сигнал, поступающий на исполнительное устройство – регулирующий клапан с приводом, который, в

свою очередь, изменяет положение регулирующего органа, изменяет расход или давление рабочей среды.

Регулирующий клапан с электроприводом – стандартное решение для различных технологических процессов, которые могут требовать точное поддержание заданных характеристик и быстрое реагирование на изменение параметров входящей среды.

Таблица 8 – Технические характеристики клапана MV54

Характеристика	Значение
Условный проход	250 мм
Пропускная способность м <sup>3</sup> /ч	200
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Температура регулируемой среды, °С	–40...70
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Сталь 25Л
Уплотнение сальника	PTFE/графит

Для управление клапаном используется электропривод ST 5116 (рисунок 12).



Рисунок 12 – электропривод ST 5116

Технические характеристики привода приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики электропривода ST 5116

Характеристика	Значение
Тип сигнала управления	4–20 мА
DN, мм	250
Число оборотов шпинделя	40
Класс защиты	IP 68
Температурный диапазон, °С	От –45 ... до +70

## **2.7 Разработка схемы внешних проводок**

Схема внешней проводки представлена в приложении Г. Все выбранные выше датчики, а именно датчик усилия Loadtrol, датчик деформации EPSI AX, датчик положения 103SR12-A1, датчик вязкости Aveni Sense DEVIL, датчик ваттметрирования ДВТ-02, датчики давления Элемер АИР-20/М2-Н, а также электропривод клапана ST 5116 имеют унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

Для передачи сигналов от датчиков давления, расходомеров, амперметров и системы мониторинга на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

## **2.8 Выбор алгоритмов управления АС СКН**

В автоматизированных системах используются разные алгоритмы на различных уровнях управления системой:

- алгоритмы запуска/остановки используемого оборудования, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;
- ПИД-алгоритмы автоматического управления технологическими параметрами используемого оборудования: регулирование положением клапана, регулирование давления, и т. п., реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов, данные алгоритмы представляют собой универсальные, логически завершённые

программные блоки, реализуются на программируемом логическом контроллере;

- алгоритмы автоматической защиты, противоаварийная защита, реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы центрального управления автоматизированной системой, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;

В выпускной квалификационной работе представлены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений и алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

## **2.8.1 Алгоритм сбора данных измерений**

### **2.8.1.1 Обработка дискретного сигнала**

Алгоритм предназначен для обработки дискретного сигнала. Обработка дискретного сигнала включает в себя:

- проверку наличия параметра в Системе (режим маскирования);
- прием сигнала с модуля дискретного ввода;
- проверку на включение режима имитации параметра;
- проверку инвертирования параметра.

Обработка дискретного сигнала осуществляется при помощи функционального блока DI.

В режиме маскирования состояние сигнала не анализируется.

В режиме имитации входной сигнал не контролируется, выходной принимает значение имитации.

### **2.8.1.2 Входы**

Обозначения входов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Входы

<b>Обозначение</b>	<b>Тип данных</b>	<b>Описание</b>
IN	BOOL	Вход блока DI
Mask	BOOL	Режим маскирования включен
Imit	BOOL	Режим имитации включен
Imit_val	BOOL	Значение имитации
Inv	BOOL	Инвертирование параметра включено

### 2.8.1.3 Выходы

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 11, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 11 – Выходы

Обозначение	Тип данных	Описание
OUT	BOOL	Выход блока DI

### 2.8.1.4 Блок-схема алгоритма обработки дискретного сигнала.

На рисунке 13 представлена блок-схема алгоритма обработки дискретного сигнала.

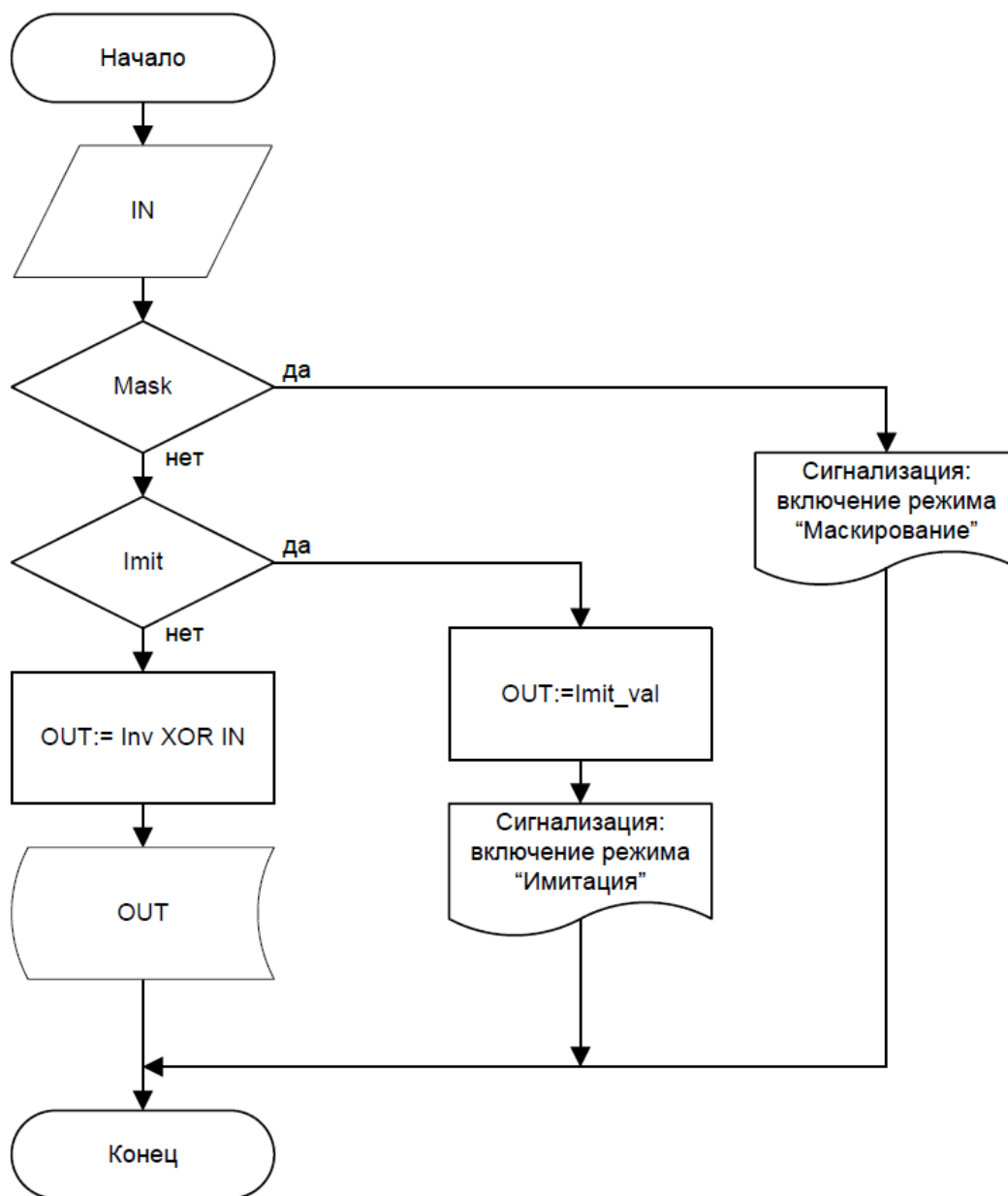


Рисунок 13 – Блок-схема алгоритма обработки дискретного сигнала



## 2.8.2 Обработка аналогового сигнала

Алгоритм предназначен для обработки аналогового сигнала. Обработка аналогового сигнала включает в себя:

- прием значения сигнала с модуля аналогового ввода;
- проверку на включение режима имитации параметра;
- формирование сигнализаций.
- проверку наличия параметра в Системе (режим маскирования);
- проверку сигнала на достоверность;
- перевод сигнала в технические единицы;
- контроль предупредительных и/или предаварийных значений

параметра;

Обработка аналогового сигнала осуществляется при помощи функционального блока AI.

В режиме маскирования значение и состояние сигнала не анализируется.

В режиме имитации входной сигнал не контролируется, выходной принимает значение имитации.

Обозначения входов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Входы

Обозначение	Тип данных	Описание
ADC_IN	WORD	Вход блока AI
Mask	BOOL	Режим маскирования включен
Imit	BOOL	Режим имитации включен
Imit_val	REAL	Значение имитации
HI_HI	REAL	Значение максимальной предаварийной уставки
HI	REAL	Значение максимальной предупредительной уставки
LO_LO	REAL	Значение минимальной предаварийной уставки
LO	REAL	Значение минимальной предупредительной уставки
Val_Up	REAL	Верхняя граница достоверности входного сигнала
Val_Dn	REAL	Нижняя граница достоверности выходного сигнала
S	REAL	Смещение нуля сигнала
K	REAL	Коэффициент масштабирования сигнала

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 12, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 12

Обозначение	Тип данных	Описание
OUT	REAL	Выход блока AI (значение в инженерных единицах)

### 2.8.2.3 Блок-схема алгоритма обработки аналогового сигнала.

На рисунке 14 представлена блок-схема алгоритма обработки аналогового сигнала.

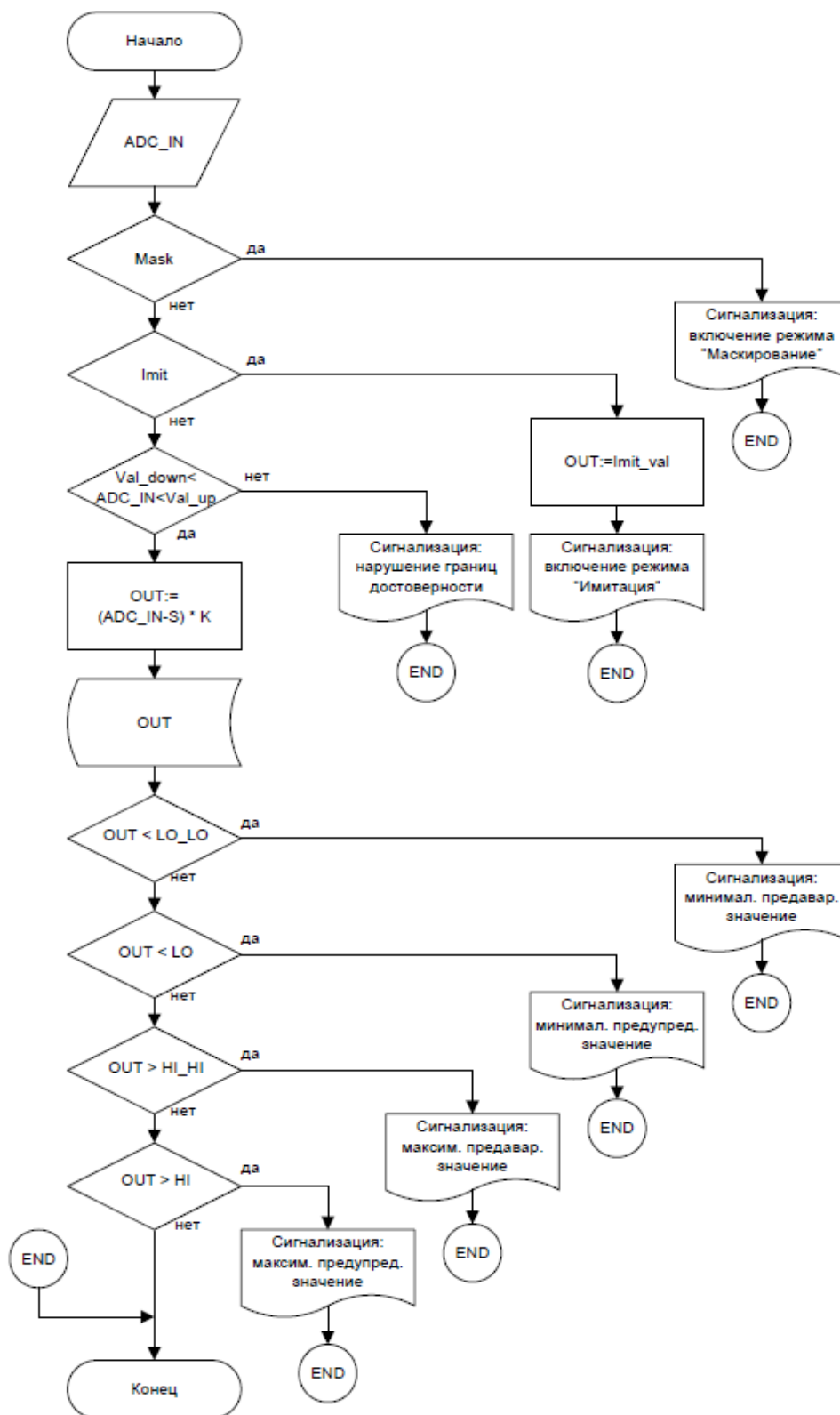


Рисунок 14 – Блок-схема алгоритма обработки аналогового сигнала

В качестве канала измерения рассмотрим канал измерения показаний вязкости нефти, которая добывается непосредственно из скважины. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения представлен в приложении Д.

## 2.9 Алгоритм автоматического регулирования

В процессе перекачки нефти необходимо поддерживать давление нефти в трубопроводе на выходе нашей системы, чтобы оно не превышало заданного уровня, исходя из условий прочности трубопровода, и не падало ниже заданного уровня, исходя из условий кавитации насосных агрегатов. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление нефти в трубопроводе на выходе. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Структурная схема автоматического регулирования давлением приведена состоит из следующих основных элементов: задание, настройка задания, ПИД-регулятор, ЦАП, регулирующий орган, объект управления, возмущение, АЦП.

Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе приведена на рисунке 15.

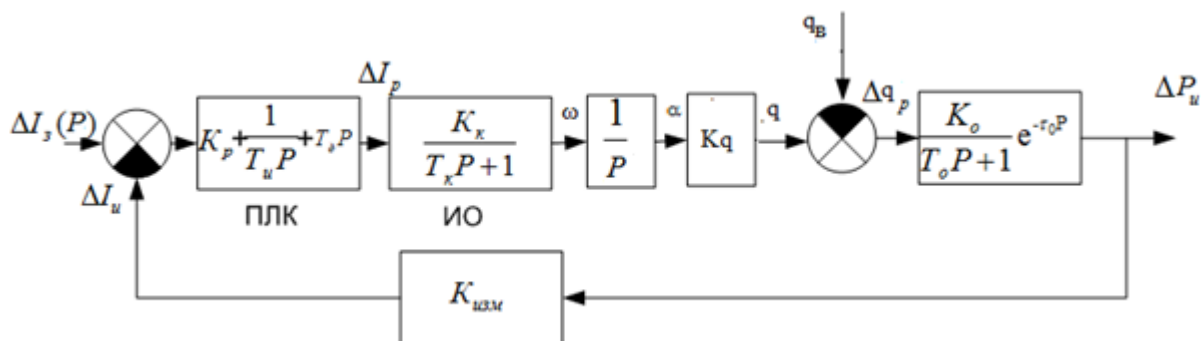


Рисунок 15 – Функциональная схема

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

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

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

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

$$W(p) = \frac{0,05}{1 \cdot p + 1} \cdot e^{-0,031416 \cdot p},$$

Таблица 10 – Характеристики электропривода

$f_c, \text{Гц}$	50
$\omega_n, \text{рад/с}$	1000
$M_K, \text{Н·м}$	200
$J, \text{кг·м}^2$	0,1

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{20}{0,5 \cdot p + 1},$$

Регулирующая задвижка описывается интегральным звеном:

$$W_3(p) = \frac{1}{p},$$

Преобразование открытия в поток:

$$W_3(p) = K = \frac{q}{\alpha} = \frac{400}{100} = 4.$$

Модель с выделенными блоками показана на рисунке 16.

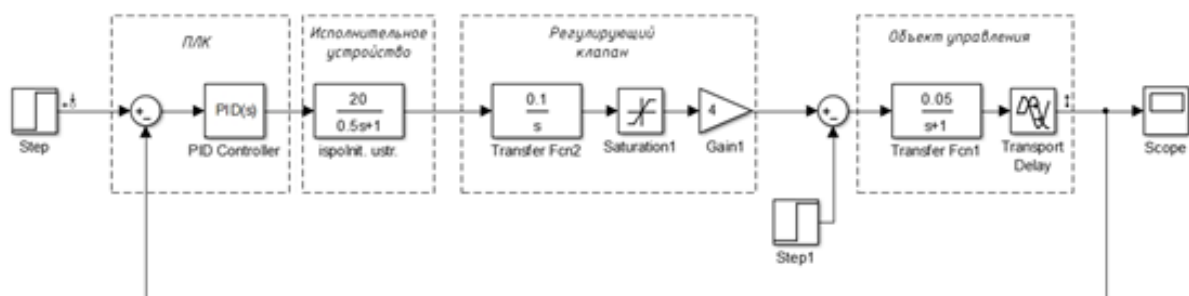


Рисунок 16 – Модель в Simulink

Результат моделирования приведен на рисунке 17.

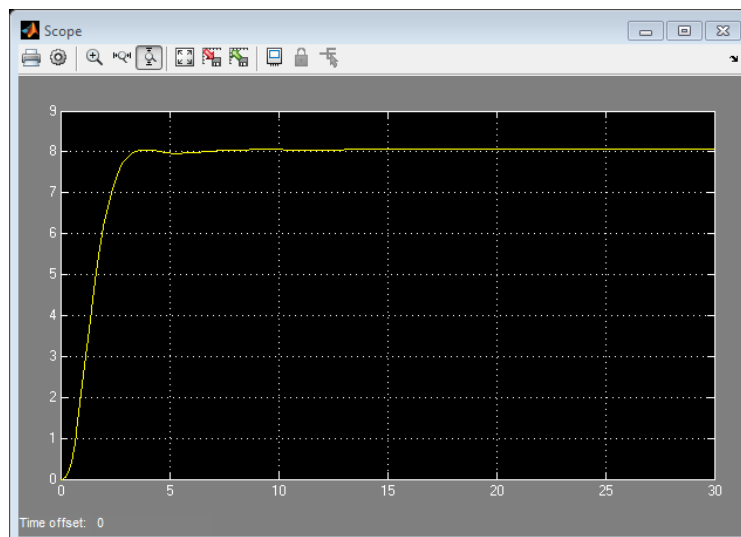


Рисунок 17 – Результат моделирования в Simulink

График переходного процесса САР можно наблюдать на рисунке 18.

Из данного графика видно, что перерегулирование очень малое. Время переходного процесса 3,7с. Ошибка перерегулирования равна нулю.

Для исключения перерегулирования настроили ПИД регулятор, и получили следующий вид переходного процесса. По оси абсцисс откладывается время в секундах, по оси ординат давление в МПа. Таким образом настройка ПИД регулятора позволила уменьшить время переходного процесса до 3,63 сек с 3,7 секунд, а перерегулирование отсутствует.

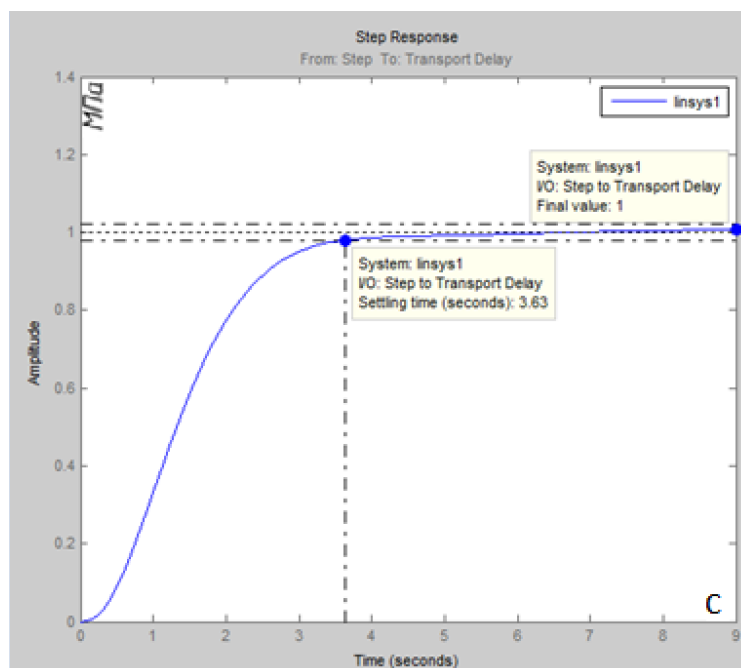


Рисунок 18 – График переходного процесса

## 2.10 Экранные формы АС СКН

Для разработки экранных форм использована SCADA-система MasterSCADA. MasterSCADA – это программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA). Основными свойствами является модульность, масштабируемость и объектный подход к разработке. Система предназначена для сбора, архивирования, отображения данных, а также для управления различными технологическими процессами.

MasterSCADA позволяет легко решать следующие задачи:

- решить проблемы программной стыковки различных устройств системы управления;
- перераспределять сигналы или алгоритмы их обработки по отдельным устройствам;
- создавать распределенные по устройствам алгоритмы контроля и управления;
- иметь доступ с любого рабочего места к любой информации, имеющейся в системе.

Дерево экранных форм представлено в приложении Е.

При запуске проекта оператору АСУ предлагается авторизоваться в системе. После корректного ввода логина и пароля, перед оператором открывается основное окно, содержащую упрощённую схему СКН и контроль основных параметров. Из этого окна можно перейти к экранам форм: станок-качалка-насос, электродвигатель, журнал аварий, электронагреватель, журнал событий.

Среда исполнения обеспечивает пользовательский интерфейс оператора-технолога с АСУТП, используя экранные формы и различные элементы управления. Экранные формы позволяют отображать текущую и архивную информацию о технологическом процессе в виде

- мнемосхем
- сообщений

- графиков/трендов
- отчетов (рапортов) оператора различной формы.

Оператору АРМ доступны следующие мнемосхемы:

- электродвигатель;
- станок-качалка-насос (приложение Ж);
- электронагреватель.

На мнемосхеме «станок-качалка-насос» представлена схема работы СКН. Как видно основную часть видеокadra занимает схема, которая содержит оборудование и текущую информацию о его работе в виде цветowych индикаторов и мнемознаков. В самом верху расположена панель на которой отображается название открытой мнемосхемы, кнопки открытия логов и отчётов, текущая дата и время, а также кнопка выхода из системы. Далее расположено меню с имеющимися мнемосхемами, а именно станок-качалка-насос, электронагреватель, электродвигатель. Под меню выбора мнемосхем располагаются цветowe индикаторы загазованности, пожарной и охранной сигнализации.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич

<b>Инженерная школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	<b>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</b>

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

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

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, технология QuaD
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя эффективности работы

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

1. Технология QuaD
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич		



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

Данный раздел определяет оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Научно-исследовательская работа направлена на разработку автоматизированной системы управления технологическим процессом на объекте станок-качалка-насос (СКН).

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих

современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления станка-качалки-насоса (СКН). Автоматизированная система управления СКН позволяет осуществлять процессы перекачки нефти без непосредственного участия обслуживающего персонала.

В таблице 1 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Элком+», «Б» - ООО НПП «ТЭК», «В» - ОАО «ТомскНИПИнефть»

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	Б, В	Б, В
	Крупная	А, Б, В	А	В	В

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

#### 3.1.1 Технология QuaD

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности	0,04	75	100	0,75	3
Удобство в эксплуатации	0,05	85	100	0,85	4,25
Помехоустойчивость	0,06	45	100	0,45	2,7
Энергоэкономичность	0,08	35	100	0,35	2,8
Надежность	0,12	95	100	0,95	11,4
Уровень шума	0,04	50	100	0,5	2
Безопасность	0,12	95	100	0,95	11,4
Потребность в ресурсах памяти	0,04	60	100	0,6	2,4
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	35	100	0,35	0,7
Простота эксплуатации	0,06	80	100	0,8	4,8
Качество интеллектуального интерфейса	0,06	80	100	0,8	4,8
Ремонтопригодность	0,03	75	100	0,75	2,25
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
Конкурентоспособность продукта	0,02	65	100	0,65	1,3
Уровень проникновения на рынок	0,02	25	100	0,25	0,5
Цена	0,05	80	100	0,8	4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	75	100	0,75	3,75
Послепродажное обслуживание	0,06	75	100	0,75	4,5
Финансирование научной разработки	0,02	60	100	0,6	1,2
Срок выхода на рынок	0,03	40	100	0,4	1,2
Наличие сертификации разработки	0,03	15	100	0,15	0,45
Итого:	1				69,4

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \times B_i,$$

– где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя. Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp} = 66,4.$$

Данное значение лежит в интервале от 60 до 79, следовательно, такая разработка является перспективной выше среднего.

### 3.1.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой в таблице 3 комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 3 – SWOT анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Простота настройки и эксплуатации системы	С2. Экологичность технологии	С3. Не требует уникального оборудования	С4. Наличие бюджетного финансирования	С5. Высококвалифицированный научный труд	Сл1. Отсутствие прототипа проекта	Сл2. Применение только для нефтяной промышленности	Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способной построить производство под ключ	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования
<b>Возможности</b>	В1. Использование инфраструктуры ТПУ для распространения	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2. Использование существующего программного обеспечения	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	+	+	-	0	+	-	-	-	-	-
	В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	0	-	+	+	-	-	-	-	-	-
	В5. Получение финансирования для дальнейшего более глубокого исследования.	+	-	+	+	0	-	-	-	-	-
<b>Угрозы</b>	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	У2. Развитая конкуренция технологий производства	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	У3. Ограничения на экспорт технологии	-	-	-	-	-	-	-	+	0	0
	У4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями.	-	-	-	-	-	-	-	0	+	+
	У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+

## **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

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 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер
Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	Научный руководитель, инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	7	Выбор архитектуры АС	Научный руководитель, инженер
	8	Разработка структурной схемы АС	Научный руководитель, инженер
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	Инженер
	10	Выбор средств реализации АС	Инженер
	11	Разработка схемы соединения внешних проводок	Инженер
	12	Выбор алгоритма управления АС	Научный руководитель, инженер
	13	Разработка экранных форм АС	Научный руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\max i} + 2t_{\min i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{ВЫД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВЫД}} = 52$ );

$T_{\text{ПР}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПР}} = 12$ ).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,213.$$

В таблице 5 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.



Таблица 5 – Временные показатели проведения работ

Наименование работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					$T_{Pi}$		$T_K$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	2	3	2,5	2,5	—	3	—
Подбор и изучение материалов по теме	И	8	10	9,2	—	9,2	—	10
Проведение патентных исследований	И	12	15	13,2	—	13,2	—	15
Разработка календарного плана	НР	0,5	1,5	0,7	0,5	—	1	—
Описание технологического процесса	И	3	5	4,5	—	4,5	—	5
Разработка функциональной схема автоматизации	И	10	15	12	—	12	—	15
Выбор архитектуры АС	НР	1	2	1,5	1,5	—	2	—
Разработка структурной схемы АС	НР	0,5	1	0,7	0,7	—	1	—
Разработка схемы информационных потоков АС	НР	0,5	1	0,7	0,7	—	1	—
Выбор средств реализации АС	НР	2	3	2,5	2,5	—	3	—
Разработка схемы соединения внешних проводов	И	35	42	39	—	39	—	42
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	0,5	10	8,3	0,7	8,3	1	10
Разработка экранных форм АС	И	10	13	10,2	—	10,2	—	13
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1	3	1,8	—	16,5	—	18
Итого:					9,1	112,9	12	128

На основе таблицы 5 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. На рисунке 1 приведен календарный план-график за период времени дипломирования.

№	Наименование работ	Исполнитель	Тк	Продолжительность выполнения работ																			
				Февраль				Март				Апрель				Май							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Составление и утверждение технического задания	НР	3	■																			
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	10	■	■																		
3	Проведение патентных исследований	И	15		■	■																	
4	Разработка календарного плана	НР	1			■																	
5	Описание технологического процесса	И	5				■	■															
6	Разработка функциональной схема автоматизации	И	15				■	■	■														
7	Выбор архитектуры АС	НР	2						■	■													
8	Разработка структурной схемы АС	НР	1							■													
9	Разработка схемы информационных потоков АС	НР	1								■												
10	Выбор средств реализации АС	НР	3								■	■	■										
11	Разработка схемы соединения внешних проводов	И	42								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
12	Выбор алгоритма управления АС	НРИ	1																		■		
			10																		■	■	
13	Разработка экранных форм АС	И	13																		■	■	■
14	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	18																			■	■

	– Научный руководитель		– Инженер
--	------------------------	--	-----------

Рисунок 1 – Календарный план график проведения НИОКР

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 6 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 6 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Контроллер GE Fanuc Series 90-30	шт.	1	174 500	218125
Датчики усилия Loadtrol Lufkin	шт.	3	35 000	120750
Датчики деформации EPSI AX	шт.	2	45 900	105570
Датчики положения 103SR12-A1	шт.	2	32 500	74750
Датчик вязкости Aveni Sense DEVIL	шт.	2	86 300	198490
Датчик Ваттметрирования ДВТ-02	шт.	1	47 400	54510
Датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н	шт.	1	81 000	97200
Датчик температуры ТПК135	шт.	1	42 000	52500
Газоанализатор Оптимус ИК	шт.	1	90 000	112500
Регулирующий клапан MV54	шт.	1	176 000	220000
Электропривод ST5116	шт.	1	164 000	205000
Итого:				1459395

### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы GE Fanuc Series 90-30. В таблице 7 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 7 расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.
Master Scada	1	15000	15000
Итого:			15000

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и

тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 8. при расчете учитывалось, что в 2018 году 299 рабочих дней. Основная заработная плата (ЗП) сотрудника от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p,$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная ЗП одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником (раб. дн.);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная ЗП (руб.)

Среднедневная ЗП рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M * M}{F_D},$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

$F_D$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (299 рабочих дней в 2018 году).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{ок}} * k_p.$$

где  $Z_{\text{ок}}$  – оклад (руб.);  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной ЗП приведен в таблице

Система оплаты труда выбрана по системе оплаты труда на предприятие ООО «Контур С».

Таблица 8 – расчёт основной ЗП

Исполнитель	З <sub>ок</sub> , руб.	$k_p$	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>p</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	26300	1,3	1189	9,1	10819,9
Инженер	17000	1,3	769	112,9	86820,01
Итого:					976399,91

### 3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12-0,15);

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Получим:

$$З_{\text{доп Р}} = 0,15 * 10819,9 = 1622,98 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп И}} = 0,15 * 86820,1 = 13023 \text{ руб.};$$

$$\sum_{З_{\text{доп Р,И}}} = 1622,98 + 13023 = 14645,98 \text{ руб.}$$

### 3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2018 г. взнос в социальные фонды установлен в размере 30% от заработной платы. Отчисления во вне бюджетные фонды приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	10819,9	1622,98
Инженер	86820,01	13023
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30
Итого:	29291,97	4393,79

Получили, что всего будет перечислено 33685,76 руб. во внебюджетные фонды.

### 3.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (1459395 + 15000 + 97639,91 + 14645,98 + 33685,76) \cdot 0,015 \\ &= 24305,45 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где 0,015 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 10:

Таблица 10 – расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1459395
2. Затраты на специальное оборудование	15000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	97639,91
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14645,98
5. Отчисления во внебюджетные фонды	33685,76
6. Накладные расходы	24305,45
7. Бюджет затрат НИИ	1644672,1

### 3.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. таблицу 11). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$P_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1644672,1}{1800437,52} = 0,91;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ООО «Элком+». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО НПП «ТЭК». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Schneider Electric.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов составляет:

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб.	1644672,1	1706501,66	1800437,52

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{фина1}}^{\text{a1}} = \frac{\Phi_{\text{a1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1706501,66}{1800437,52} = 0,95,$$

$$I_{\text{фина1}}^{\text{a2}} = \frac{\Phi_{\text{a1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1800437,52}{1800437,52} = 1,$$

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

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



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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

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

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

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

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

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

В результате:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p} = \frac{5}{0,91} = 5,49; \quad I_{фина1}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{фина1}^{a1}} = \frac{3,4}{0,95} = 3,58; \quad I_{фина2}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{фина2}^{a2}} = \frac{3,2}{1} = 3,2.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	0,95	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективностиразработки	5	3,4	3,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,49	3,58	3,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,53	1,71

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич

<b>Школа</b>	<b>Информационных технологий и робототехники</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>	<b>ИнЭО</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенная вибрация</li> <li>2. Повышенный уровень шумов;</li> <li>3. Электромагнитные излучения.</li> </ol>
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p><i>Электрический ток (Источником является электрооборудование СКН); Пожар (на СКН качает нефть, которая является легковоспламеняющейся жидкостью).</i></p>
<p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> </ul>	<p><i>Воздействие на литосферу, гидросферу не происходит. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	процессом.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, разлив нефти, взрыв.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Токмаков Алексей Алексеевич		

## **Социальная ответственность**

### **Введение**

Большое значение улучшения условий труда объясняется тем, что они в основном представляют собой производственную среду, в которой протекает жизнедеятельность человека во время труда. От их состояния в прямой зависимости находится уровень работоспособности человека, результаты его работы, состояние здоровья, отношение к труду.

На работника в производственной среде воздействует большое количество внешних факторов, которые по своему происхождению могут быть разделены на две группы.

Первая включает в себя факторы, не зависящие от особенностей производства, среди них географо-климатические, которые обусловлены географическим районом и климатической зоной размещения предприятия, и социально-экономические. Последние зависят от социально-экономического строя общества и определяют положение трудящегося в обществе в целом. Они находят свое выражение в трудовом законодательстве, в совокупности социальных благ и гарантий.

Вторая группа включает в себя факторы, зависящие от особенностей производства и его коллектива. Эти факторы формируются, с одной стороны, под воздействием особенностей техники, технологии, экономики и организации производства (производственно-технические), а с другой – под воздействием особенностей трудового коллектива (социально-психологические).

Безопасность жизнедеятельности представляет собой область научных знаний, охватывающих теорию и практику защиты человека от опасных и вредных факторов во всех сферах человеческой деятельности, сохранение безопасности и здоровья в среде обитания.

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды,

оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе труда. Отсюда обеспечение безопасных условий труда – одна из основополагающих целей, к которой должно стремиться руководство предприятия.

## **Профессиональная социальная безопасность**

### **4.1 Анализ выявленных вредных факторов**

#### **4.1.1 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. 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.

В данном случае путем автоматизации работы двигателей уровень шума снижен в связи с улучшением режимов работы двигателей. Но, так как на площадке уже ранее обслуживающий персонал работал в СИЗ (наушниках), данные изменения не значительны.

### 4.1.2 Производственная вибрация

Под вибрацией понимают возвратно-поступательное движение твердого тела. Это явление широко распространено при работе различных механизмов и машин. Источники вибрации: транспортеры сыпучих грузов, перфораторы, зубчатые передачи, пневмомолотки, двигатели внутреннего сгорания, электромоторы и т. д.

Основные параметры вибрации: частота (Гц), амплитуда колебания (м), период колебания (с), виброскорость (м/с), виброускорение (м/с<sup>2</sup>).

В зависимости от характера контакта работника с вибрирующим оборудованием различают локальную и общую вибрацию. Локальная вибрация передается в основном через конечности рук и ног. Общая – через опорно-двигательный аппарат. Существует еще и смешанная вибрация, которая воздействует и на конечности, и на весь корпус человека. Локальная вибрация имеет место в основном при работе с вибрирующим ручным инструментом или настольным оборудованием. Общая вибрация преобладает на транспортных машинах, в производственных цехах тяжелого машиностроения, лифтах и т. д., где вибрируют полы, стены или основания оборудования.

Воздействие вибрации на организм человека. Тело человека рассматривается как сочетание масс с упругими элементами, имеющими собственные частоты, которые для плечевого пояса, бедер и головы относительно опорной поверхности (положение "стоя") составляют 4~6 Гц, головы относительно плеч (положение "сидя") – 25-30 Гц. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазоне 6-9 Гц. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц, определяемая как качка, хотя и неприятна, но не приводит к вибрационной болезни. Следствием такой вибрации является морская болезнь, вызванная нарушением нормальной деятельности вестибулярного аппарата по причине резонансных явлений.

При частоте колебаний рабочих мест, близкой к собственным частотам внутренних органов, возможны механические повреждения или даже разрывы. Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся высоким

уровнем виброскорости, приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, нарушения сердечной деятельности.

В данном случае после модернизации технологического процесса уровень вибрации не увеличился и так как рабочий персонал не имеет прямого контакта с вибрирующими механизмами и устройствами в средствах дополнительной защиты нет необходимости.

### **4.1.3 Электромагнитное излучение**

Электромагнитное излучение – это электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма–излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания.

Источники, создающие электромагнитное поле, могут быть как естественными, так и искусственными.

К естественным источникам электромагнитного излучения относятся постоянное электрическое и постоянное магнитное поле Земли, электрические явления в атмосфере (грозы, разряды молний), радиоизлучение солнца и звезд, космическое излучение.

Искусственные источники электромагнитного поля условно можно разделить на источники электромагнитного излучения высокого и низкого уровня излучения. При этом следует отметить, что, в первую очередь, уровень излучения зависит от мощности источника: чем выше мощность, тем выше уровень излучения. Около источника уровень излучения максимально высок, с увеличением расстояния от источника уровень излучения падает.



#### Источники высокого уровня ЭМИ:

- воздушные линии электропередачи (ВЛ, ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения 4-1150 кВ);
- транспорт на электрической тяге: трамваи, троллейбусы, поезда метро и т.п. — и его инфраструктура;
- трансформаторные подстанции (ТП);
- лифты;
- телевизионные станции;
- радиовещательные станции;
- базовые станции систем подвижной радиосвязи (ВС), прежде всего сотовой.

#### Источники относительно низкого уровня ЭМИ:

- персональные компьютеры и видеодисплейные терминалы, игровые автоматы, детские игровые приставки;
- бытовые электроприборы — холодильники, стиральные машины, СВЧ-печи, кондиционеры воздуха, фены, телевизоры, электрочайники, утюги и т.п.;
- сотовые, спутниковые и бесшнуровые радиотелефоны, персональные радиостанции;
- кабельные линии;
- некоторое медицинское диагностическое, терапевтическое и хирургическое оборудование;
- система электроснабжения зданий.

Организм человека реагирует как на изменение естественного геомагнитного поля, так и на воздействие электромагнитных излучений от многочисленных и разнообразных техногенных источников. Реакция организма может варьироваться как по мере увеличения, так и снижения воздействия ЭМИ, в ряде случаев приводя к выраженным изменениям в состоянии здоровья и генетическим последствиям.

В нашем случае путем установки датчиков, и питающей их кабельной продукции электромагнитное излучение повысилось не значительно. Дополнительных средств защиты не требуется.

## **4.2 Анализ опасных факторов**

### **4.2.1 Электробезопасность**

Электродвигатели и контрольно-измерительные приборы являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе на площадке возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Рабочие места должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока на площадку должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

В ходе автоматизации увеличилось количество электрооборудования и кабельной продукции.

Все датчики, исполнительные реле и механизмы, работают на низковольтном напряжении 24 В. Вероятность поражения током при таком напряжении очень мала, поэтому дополнительных средств защиты не требуется.

Управление двигателем идет от трехфазного источника питания 380 В. Для защиты персонала вывешены предупреждающие плакаты, кабельная продукция проходит в лотках и кабельных каналах, а также установлены дополнительные заземления. Силовая часть ограждена, вынесена таблица «Опасно. Высокое напряжение».

### **4.3 Экологическая безопасность**

Так как СКН расположена вдали от населенных пунктов, а именно на расстоянии 15-20 км. а нормы СанПиНа 2.2.1/2.1.1.567-96, которыми

«санитарно-защитные зоны вокруг предприятий по добыче нефти устанавливаются на расстоянии не менее 1000 м. до жилой застройки» отрицательного влияния на селитебную зону не оказывается.

В процессе эксплуатации нефтедобывающих скважин с помощью СКН появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. Данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Испарение нефти и нефтепродуктов 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.

Так же одной из актуальных проблем при эксплуатации месторождений является ущерб, наносимый загрязнением и нарушением почв и грунтов.

Во избежание загрязнения литосферы все твердые отходы производства сортируются и утилизируются по типам.

Воздействие на атмосферу минимальны, так как в ходе протекания данного технологического процесса нет газообразных отходов.

Для избежание вредного воздействия на гидросферу все жидкие отходы производства, такие как масла, смазки и т.д., утилизируются в специализированных пунктах.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара на рассматриваемой площадке обуславливается следующими факторами: работа с открытой электроаппаратурой; короткое

замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке; нарушенная изоляция электрических проводов; несоблюдение правил пожарной безопасности; наличие горючих компонентов: масляные жидкости, изоляция кабелей и т.п.; наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Источниками зажигания на площадке могут быть электронные схемы от электрооборудования, электродвигатели, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Для данной площадки установлена категория пожарной опасности В – пожароопасные.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; телефонная связь с

пожарной охраной; огнетушители: химический пенный ОХП-10 и углекислотный ОУ-2.

В ходе модернизации значительного негативного влияния на пожарную безопасность оказано не было. В следствии чего дополнительных средств защиты не требуется.

#### **4.5 Организационные мероприятия 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 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 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.

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

1. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96, - «санитарно-защитные зоны вокруг предприятий по добыче нефти устанавливаются на расстоянии не менее 1000 м до жилой застройки»
3. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
4. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
5. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)"
6. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработаны технические решения для модернизации автоматизированной системы станок-качалка-насос. В ходе выполнения проекта подобрано современное оборудование, которое имеет хороший срок службы и необходимую точность измерения, а именно полевые датчики, модульный контроллер GE Fanuc Series 90-30, для управления давлением в трубопроводе используются клапаны с электроприводами. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система MasterSCADA.

Во время разработки проекта изучен технологический процесс работы станка-качалки-насоса. Для безопасной работы и защиты системы в помещении используется высокоточный газоанализатор, поэтому в случае аварийной утечки система быстро перекроет подачу нефти с помощью клапанов с электроприводами.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации СКН, с помощью которых подобрано правильное оборудование. Была построена схема внешних проводок, которая позволяет четко разобраться в системе передачи сигналов оператору АСУ на щит КИПиА, который в случае обнаружения неисправности работы системы, сможет их устранить. Рассмотрены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений, а именно показаний вязкости нефти и алгоритм автоматического регулирования давлением. При разработке проекта спроектирована мнемосхема и дерево экранных форм.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы модернизирована автоматизированная система «станок-качалка-насос», которая полностью удовлетворяет поставленной задаче и безопасности.

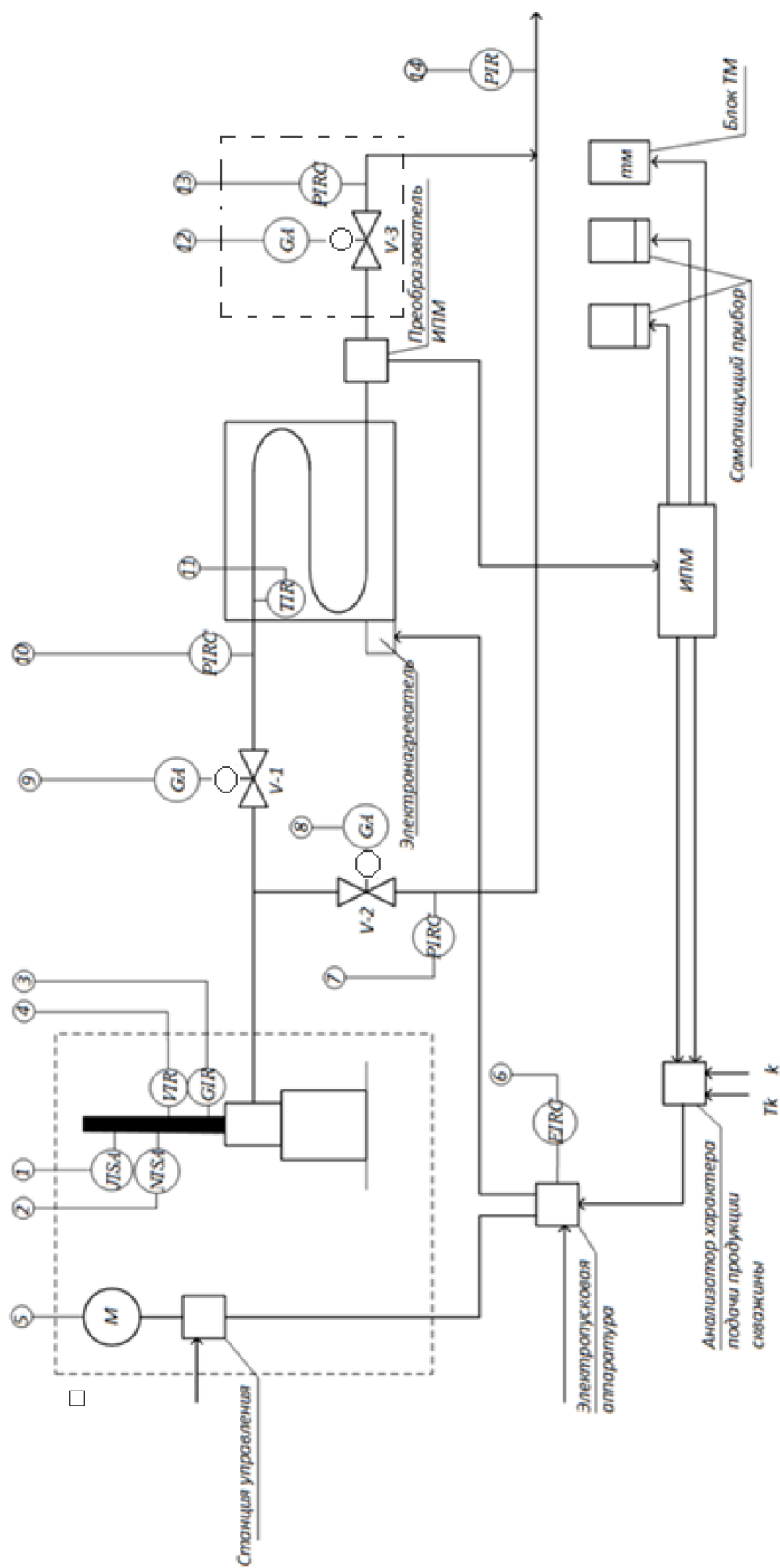
## Список используемых источников

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 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 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. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

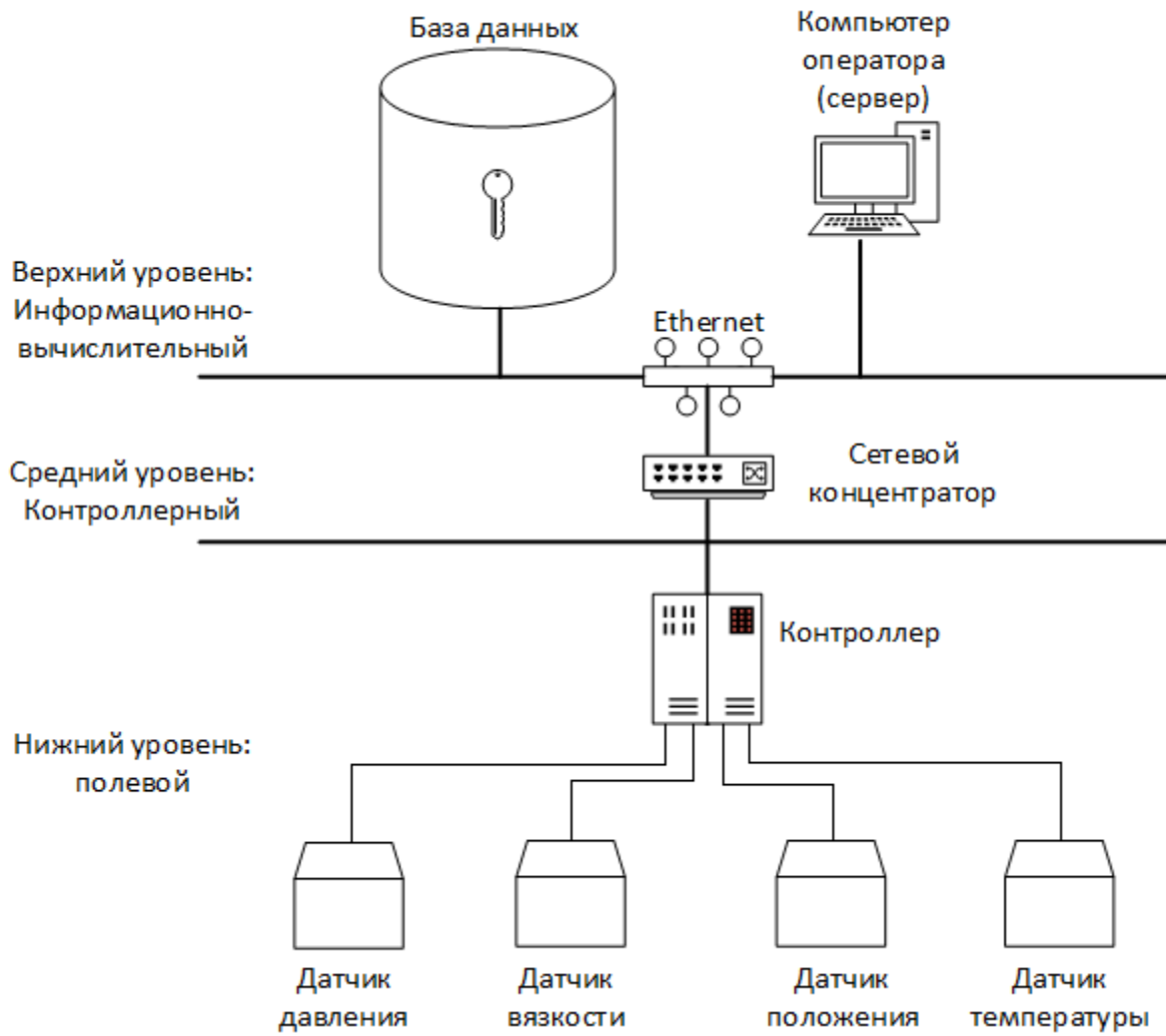


12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
16. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

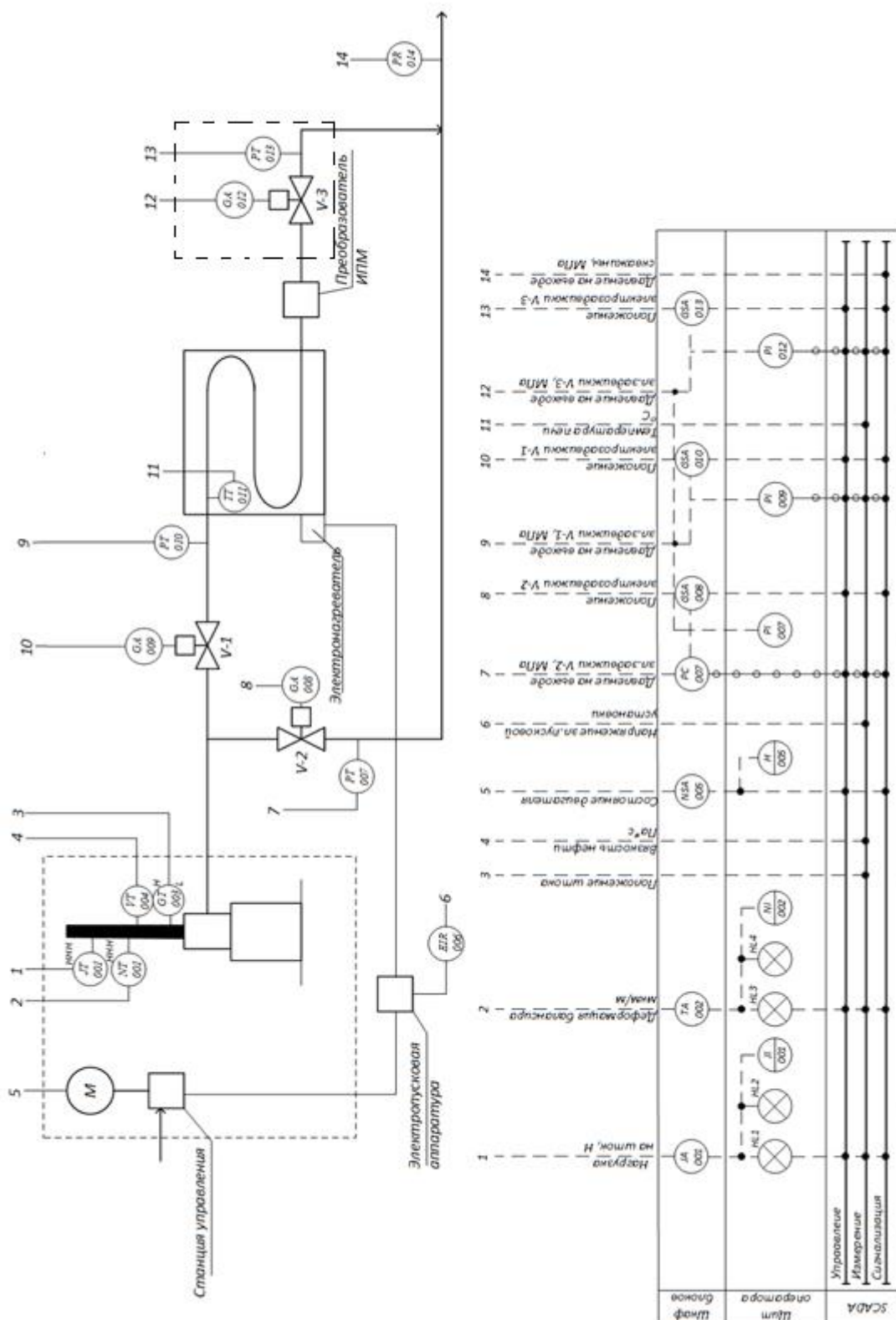
## Приложение А



## Приложение Б

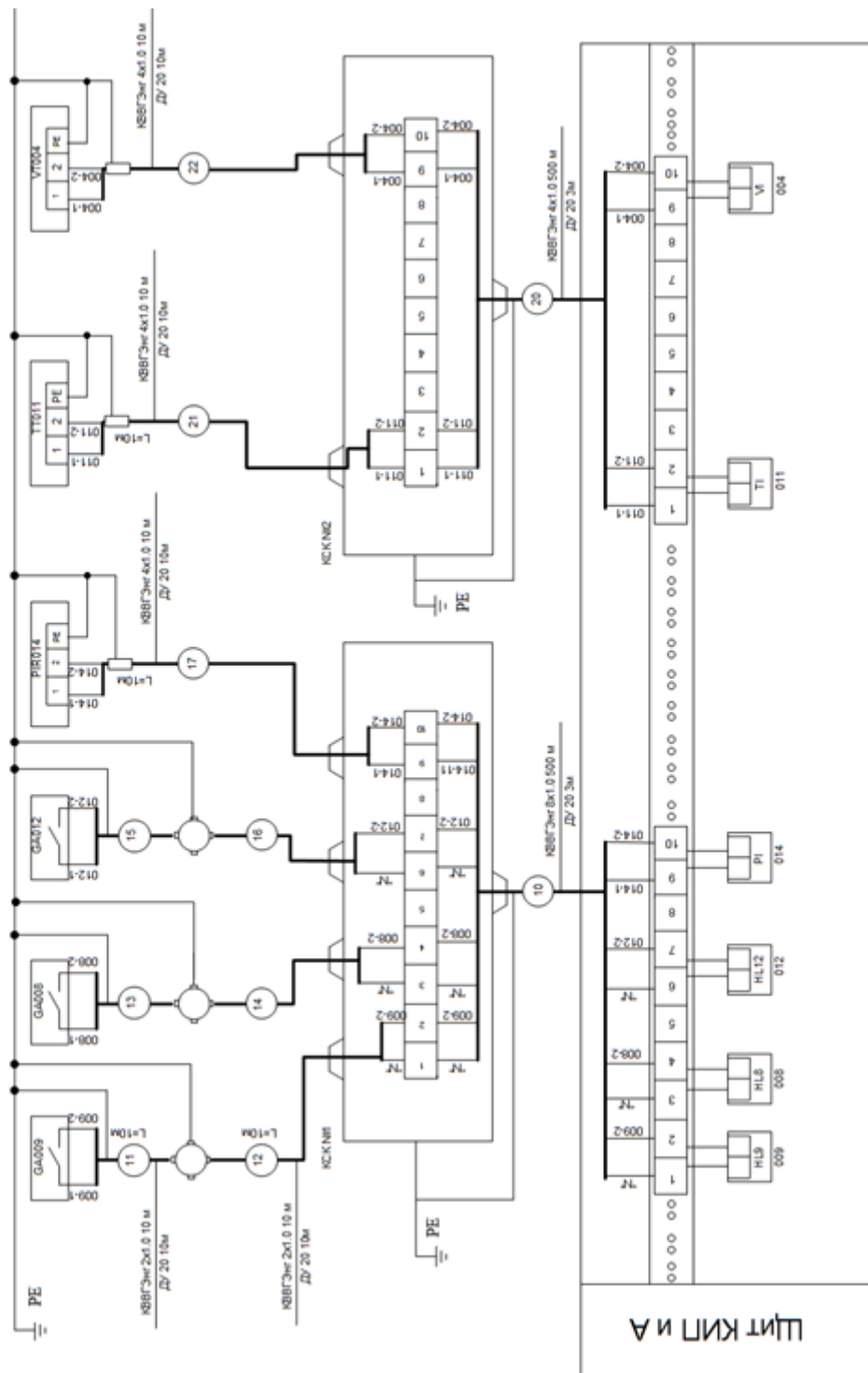


# Приложение В

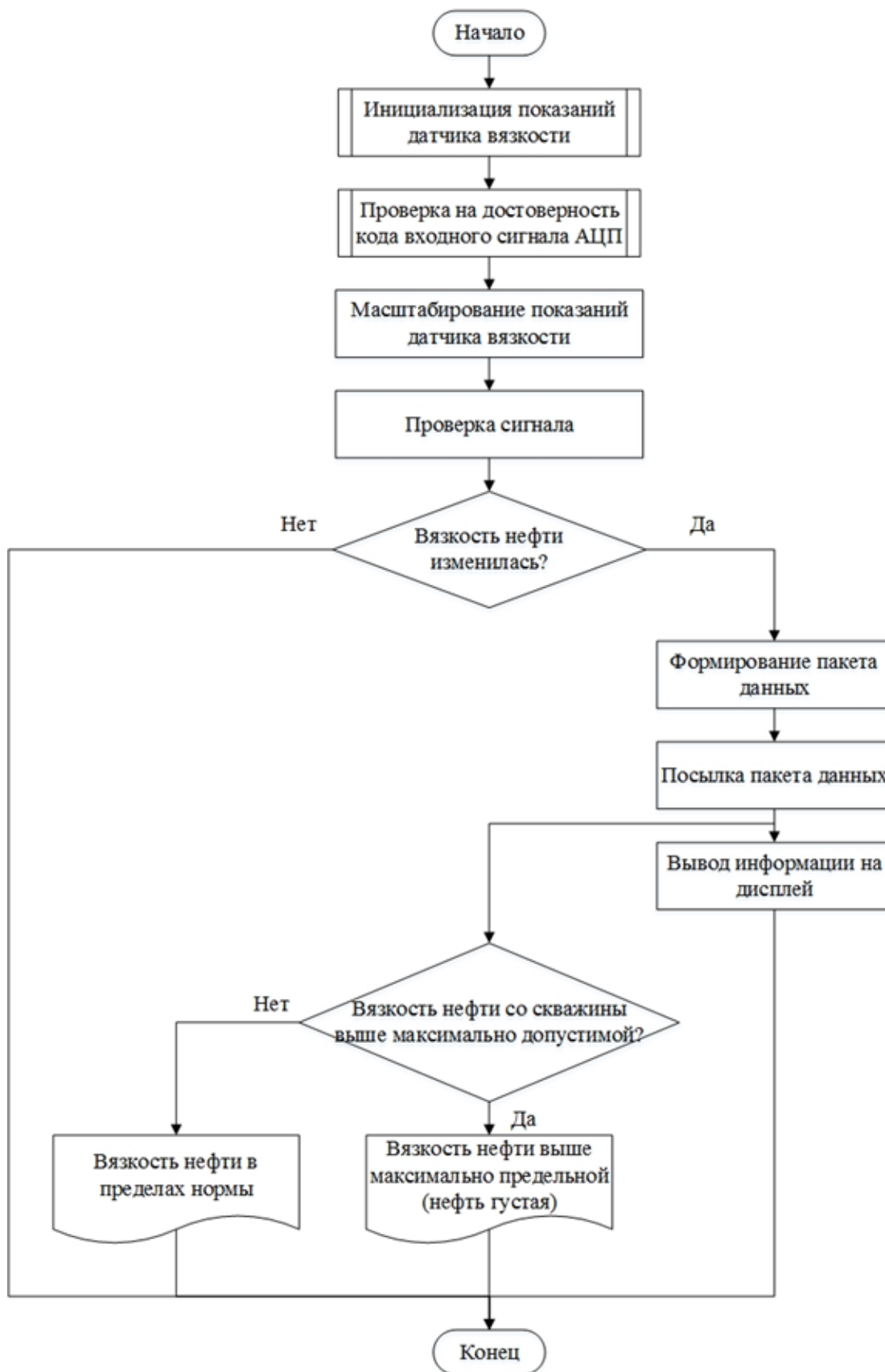


# Приложение Г

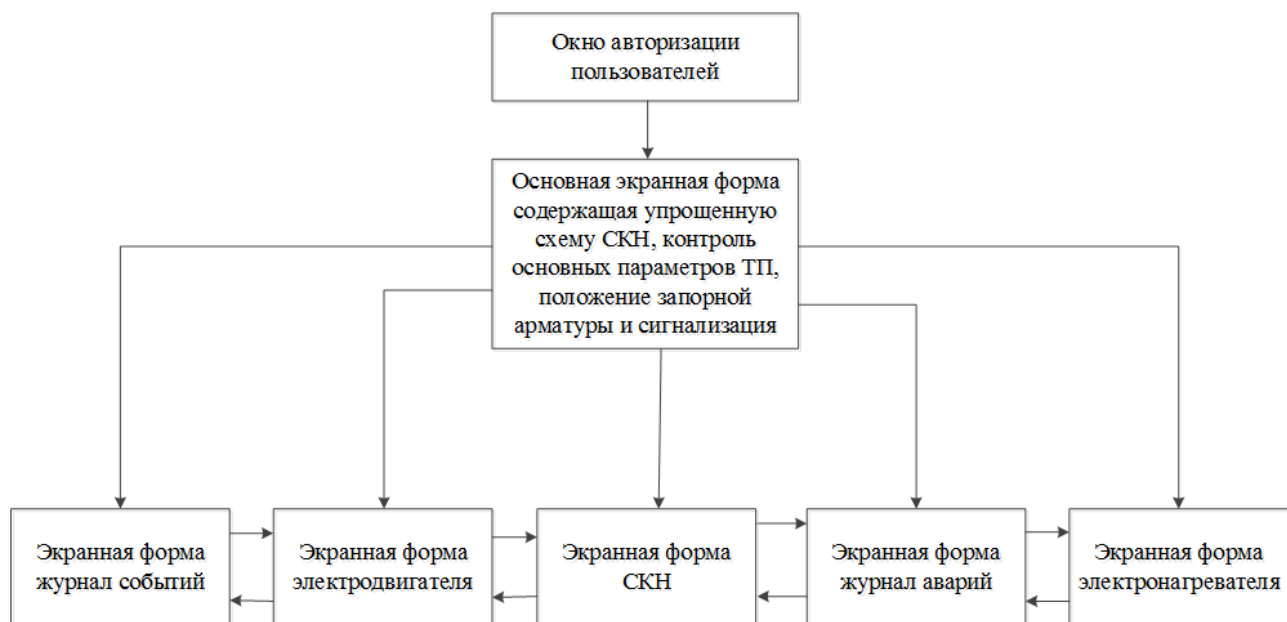
Наименование параметра	Состояние электроклапана		Давление	Температура	Вязкость
Место отбора импульса	Электроклапан V-1	Электроклапан V-2	Выход АС	Печь	Связана
Тип датчика	-	-	Элемер АИР-20	Термодатчик	Aveni Sense Devil
Позиция	GA009	GA008	PIR014	TT011	VT004



## Приложение Д



## Приложение Е



## Приложение Ж

