

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти</b>
УДК <u>681.586:004.384:621.51-52</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Бердыев Бары Курбандурдыевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н., доцент		

Консультант

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять 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.
P2	Применять передовой отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств при решении производственных задач.
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств.
P4	Разрабатывать системы автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, проектировать устройства автоматизации и обосновывать экономическую целесообразность решений
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных систем автоматизации.
P6	Внедрять и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты при решении задач автоматизации технологических процессов и производств, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Применять высоко технологичное программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
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	Самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, поддерживать должный уровень физической подготовленности
P12	Решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (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
8Т6А	Бердыеву Бары Курбандурдыевичу

Тема работы:

Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 134-30 с от 13.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти. Режим работы непрерывный. Установка измерения количества и качества нефти осуществляет перекачивание заданного объема нефти в трубопровод.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы автоматизированной системы; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы; Выбор средств реализации автоматизированной системы; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы; Моделирование работы системы управления. Разработка программы запуска и останова системы
<b>Перечень графического материала</b>	Структурная схема; Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208–2013; Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009; Схема информационных потоков; Опросный лист для датчиков давления Метран-150; Схема соединения внешних проводок; Алгоритм пуска системы; Алгоритм останова системы.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Белоенко Елена Владимировна

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

--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Бердыев Бары Курбандурдыевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.06.2020	Основная часть	75
25.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

Консультант

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т6А	Бердыеву Бары Курбандурдыевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

**Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти**

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

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования является система управления насосным агрегатом. Область применения нефтеперерабатывающая отрасль промышленности.
---	--

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

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.032-78 – ГОСТ 12.0.003-2015 – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 – СанПиН 2.2.4.548-96 – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – СанПиН 2.2.4.3359-16 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – НПБ 105-03
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторов при разработке и эксплуатации объекта: - Недостаточная освещенность рабочего места; -Повышенная или пониженная влажность воздуха; -Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; - Повышенный уровень шума на рабочем месте; -Повышенный уровень электромагнитных излучений; - <i>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</i>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие на атмосферу и гидросферу не происходит. В качестве воздействия на литосферу могут быть бытовые отходы.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для нефтеперерабатывающей отрасли является – пожар.

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т6А	Бердыев Бары Курбандурдыевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т6А	Бердыеву Бары Курбандурдыевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</li> <li>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</li> <li>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</li> </ol>	<p>Бюджет – 188586 руб. Материальные затраты – 480 руб. Амортизационные отчисления – 3300 руб. Затраты на заработную плату – 125549 руб. Прочие расходы – 560 руб. Тариф на электроэнергию – 2,45 кВт/ч Налог во внебюджетные фонды 30,2% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%</p>
---	--

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</li> <li>2. Формирование плана и графика разработки инженерного решения</li> <li>3. Формирование бюджета инженерного проекта</li> <li>4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности инженерного решения и потенциальных рисков</li> </ol>	<p>Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ. Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика. Планирование бюджета проекта. Оценка эффективности исследования. Интегральный показатель эффективности – 4,25 Сравнительная эффективность проекта – 1,115</p>
--	---

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности ИР</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График разработки и внедрения инженерного решения</li> <li>4. Материальные затраты</li> <li>5. Баланс рабочего времени</li> <li>6. Бюджет затрат на НИР</li> <li>7. Основные показатели эффективности инженерного проекта</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>12.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т6А	Бердыев Бары Курбандурдыевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, 25 рисунков, 38 таблиц, 45 использованных источников, 7 приложений.

Ключевые слова: установка измерения количества и контроля качества нефти, автоматизированная система управления, программируемый логический контроллер, насосный агрегат, ПИД-регулятор.

Объектом исследования является установка измерения количества и контроля качества нефти.

Цель работы – удешевление установки измерения количества и контроля качества нефти.

В процессе разработки была получена математическая модель системы управления установки измерения количества и контроля качества нефти, настроены параметры регулятора, проведен анализ поведения системы при возмущающем воздействии, анализ системы на робастность.

В результате разработки была модернизирована система автоматизированного управления установкой измерения количества и контроля качества нефти, основанная на контроллере ОВЕН ПЛК 160.

Система управления может быть внедрена в реальную установку измерения количества и контроля качества нефти для управления насосом.

В будущем планируется улучшить работу системы за счет анализа параметров двигателя насоса и предотвращения отказа его работы.

Пояснительная записка выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2010. Графический материал выполнен в Microsoft Visio 2013. Моделирование алгоритма автоматического регулирования производилось в Matlab Simulink 6.1. Проектирование алгоритмов запуска и останова системы проводилось в среде CODESYS.

## Содержание

Термины и определения .....	12
Обозначения и сокращения .....	13
Введение .....	14
1 Задание на проектирование автоматизированной системы управления насосным агрегатом установки измерения количества и качества нефти ....	15
1.1 Назначение и цели создания системы .....	15
1.2 Требования к автоматике .....	15
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	16
1.4 Требования к информационному обеспечению .....	16
1.5 Требования к программному обеспечению .....	17
1.6 Требования к метрологическому обеспечению .....	17
1.7 Требования к лингвистическому обеспечению .....	17
2 Проектирование автоматизированной системы управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти .....	18
2.1 Описание технологического процесса.....	18
2.2 Структурная схема АС .....	19
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	19
2.4 Разработка схемы информационных потоков .....	20
2.5 Выбор средств реализации АС .....	22
2.5.1 Выбор ПЛК .....	22
2.5.2 Выбор датчиков .....	24
2.5.2.1 Выбор датчиков давления .....	24
2.5.2.2 Выбор датчика перепада давления .....	26
2.5.2.3 Выбор датчика температуры .....	27
2.5.2.4 Выбор уровнемера .....	28
2.5.2.5 Выбор датчика тока .....	30
2.5.2.6 Выбор датчика напряжения .....	31
2.5.2.7 Выбор датчика расхода .....	32
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов .....	34

2.5.3.1	Выбор насосного агрегата .....	34
2.5.3.2	Выбор преобразователя частоты .....	35
2.5.3.3	Выбор насоса маслосистемы .....	36
2.6	Разработка схемы внешних проводок .....	37
2.7	Разработка алгоритмов управления .....	39
2.7.1	Разработка алгоритма пуска .....	39
2.7.2	Разработка алгоритма останова .....	40
2.7.3	Разработка алгоритма автоматического регулирования .....	40
2.7.3.1	Математическая модель системы .....	40
2.7.3.2	Настройка регулятора .....	44
2.7.3.3	Анализ поведения системы при возмущающем воздействии ..	47
2.7.3.4	Робастность системы .....	48
2.8	Проектирование алгоритмов пуска и останова в SCADA .....	49
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	52
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	52
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	52
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	53
3.1.3	SWOT-анализ .....	54
3.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	56
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	56
3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	57
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	57
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	59
3.2.4.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	60
3.2.4.2	Расчет амортизационных отчислений.....	60
3.2.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	61
3.2.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	63
3.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	63

3.2.4.6 Прочие затраты .....	64
3.2.4.7 Накладные расходы .....	64
3.2.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	64
3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ....	65
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	67
4 Социальная ответственность .....	69
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
4.2 Производственная безопасность .....	70
4.2.1 Недостаточная освещенность рабочего места .....	71
4.2.2. Неблагоприятный микроклимат на рабочем месте .....	73
4.2.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте .....	74
4.2.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	75
4.2.5. Поражение электрическим током .....	76
4.3 Экологическая безопасность .....	77
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	78
Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	79
Заключение .....	81
Список использованных источников .....	83
Приложение А (обязательное) Структурная схема .....	88
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013 .....	89
Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S5.1-2009 .....	90
Приложение Г (обязательное) Схема информационных потоков.....	91
Приложение Д (обязательное) Опросный лист для датчика давления .....	92
Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок .....	93
Приложение Ж (обязательное) Блок схема алгоритмов пуска / останова .....	94

## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированное рабочее место:** Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида» [1].

**автоматизированная система:** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса [2].

**интерфейс:** Это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил взаимодействия между элементами системы» [3].

**протокол:** Набор правил и действий, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в сеть устройствами» [4].

**тег:** Идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры [5].

**техническое задание:** Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы [6].

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

**АРМ** – автоматизированное рабочее место;

**АС** – автоматизированная система;

**АСУ** – автоматизированная система управления;

**АСУ ТП** – автоматизированная система управления технологическим процессом;

**АЦП** – аналого-цифровой преобразователь;

**ОСС** – операторно-структурная схема;

**ПЛК** – программируемый логический контроллер;

**ПЧ** – преобразователь частоты;

**ФСА** – функциональная схема автоматизации.

## Введение

Автоматизация технологических процессов на сегодняшний день очень распространена абсолютно во всех сферах и областях и является одним из решающих факторов повышения производительности и улучшения условий труда. Все существующие и строящиеся промышленные объекты оснащаются средствами автоматизации. Создание эффективной автоматизированной системы технологического процесса является очень важной и сложной задачей.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, математических методов и систем управления, которые освобождают человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи, использования энергии, материалов и информации, существенно уменьшающих степень этого участия. Автоматизация требует дополнительного применения датчиков (сенсоров), устройств ввода-вывода, управляющих устройств - контроллеров, исполнительных устройств.

С помощью автоматизации производства технологические процессы переводят на автоматическое управление без непосредственного участия обслуживающего персонала. В настоящее время к системам автоматизации добавляются новые функции. Все чаще в задачу автоматизации входит автоматическая перенастройка оборудования при изменении условий работы с целью получения наиболее эффективных режимов работы установок. Увеличивается количество установок, отдельных линий, цехов и даже предприятий, работающих без участия обслуживающего персонала.

Целью данной выпускной квалификационной работы является удешевление установки измерения количества и контроля качества нефти.

# **1 Задание на проектирование автоматизированной системы управления насосным агрегатом установки измерения количества и качества нефти**

## **1.1 Назначение и цели создания системы**

Автоматизированная система управления насосным агрегатом предназначена для регулирования расхода нефти в трубопроводе.

Цели создания автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП):

- удешевление установки измерения системы;
- учет нефти и нефтепродуктов в автоматическом режиме;
- контроль технологических параметров нефти;
- уменьшение трудовых ресурсов и влияния человеческого фактора;
- обеспечение эффективного управления ТП (технологическим процессом) посредством предоставления информации оперативному персоналу в достаточном объеме.

## **1.2 Требования к автоматике**

АСУ ТП измерения количества и качества нефти должна обеспечить следующее:

### **1. Измерение:**

- давления нефти на выходе насоса;
- давления нефти в линии отправления;
- давление масла в маслопроводе;
- перепада давления на фильтрах;
- температуры нефти;
- температуры масла в резервуаре;
- температуры подшипников электропривода насоса;
- температуры подшипников насоса;
- напряжения питания электропривода насоса;
- потребляемого тока электропривода насоса;

– уровня масла в резервуаре.

2. Управление:

– электроприводом насоса;

– насосом маслосистемы.

3. Индикацию:

– измеряемых параметров на дисплее автоматизированного рабочего места (АРМ);

– аварийных ситуаций на дисплее АРМ.

4. Сигнализацию:

– превышения максимального допустимого перепада давления на фильтрах;

– снижения уровня масла в резервуаре ниже критической отметки [7].

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Элементы датчиков, должны быть выполнены из коррозионностойких материалов, поскольку соприкасаются с агрессивной средой.

Оборудование на объекте должно быть устойчивым к воздействию температур (минус 40 – 50) °С и влажности не менее 80 % при 35 °С.

Электрические цепи должны быть искробезопасными.

Контроллеры должны иметь необходимые интерфейсы передачи данных на верхний уровень АСУ ТП [7].

### **1.4 Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение должно включать в себя:

– состав, структуру и способы организации данных в АС;

– порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;

– структуру процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;

– информацию по визуальному представлению данных и результатам мониторинга [7].

## **1.5 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение должно:

- обеспечивать управление исполнительными механизмами;
- обеспечить реализацию требуемых алгоритмов контроля, регулирования, защиты и отображения информации;
- быть совместимым с существующими на объектах программными обеспечениями;
- иметь возможность создавать и вести базу данных по параметрам системы [7].

## **1.6 Требования к метрологическому обеспечению**

Метрологическое обеспечение должно охватывать все стадии создания системы и ее эксплуатацию.

В измерительные каналы системы входят: датчики, преобразователи, контроллеры, прошедшие государственную поверку на соответствие их нормативно-технической документации.

На стадии внедрения должна производиться метрологическая аттестация измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом в соответствии с ГОСТ 8009-84.

В процессе эксплуатации должна производиться периодическая поверка измерительных каналов системы и метрологических характеристик [7].

## **1.7. Требования к лингвистическому обеспечению**

- сопутствующая система информации должны быть на русском языке.
- технологические языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3 [7].

## 2 Проектирование автоматизированной система управления насосным агрегатом установки измерения количества и качества нефти

### 2.1 Описание технологического процесса

Технологический процесс, функциональная схема которого представлена на рисунке 1, подразумевает под собой автоматическое поддержание заданного расхода нефти на выходе насосного агрегата.

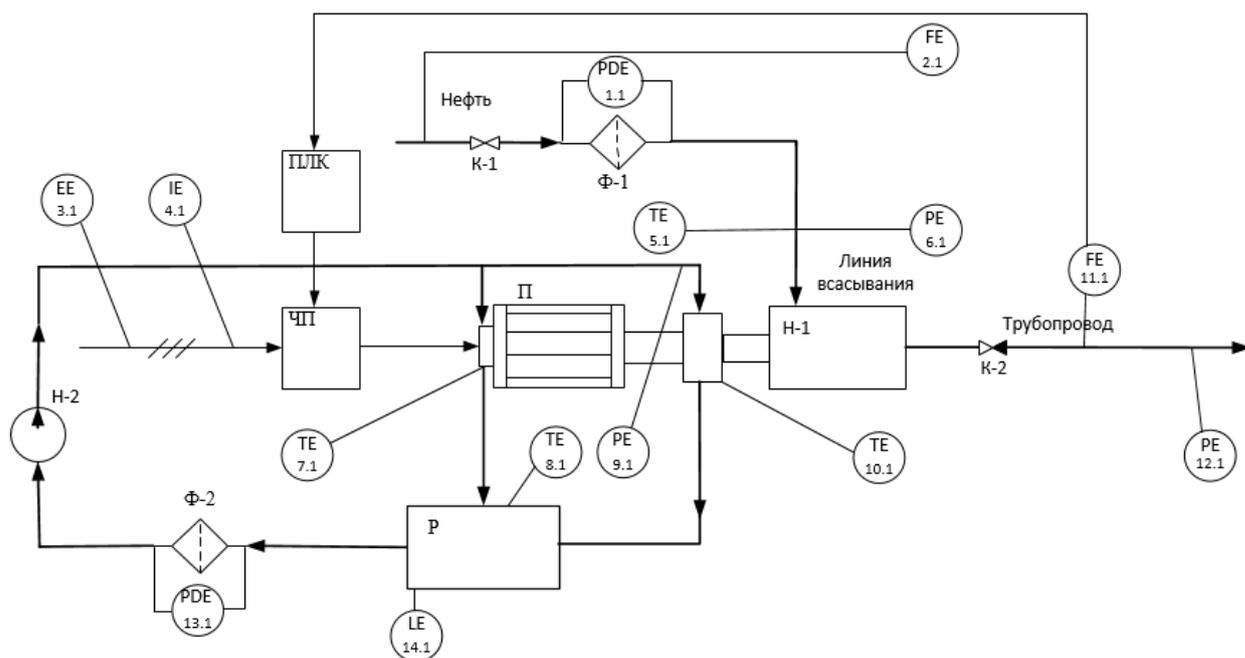


Рисунок 1 – Функциональная схема технологического процесса

Нефть поступает по трубопроводу через клапан (К-1) на линию всасывания насосного агрегата (Н-1), проходя при этом фильтр (Ф). Расход нефти регулируется насосом через частотный преобразователь. После прохождения насосного агрегата нефть поступает в трубопровод, по которой отправляется к потребителям.

Для поддержания рабочей температуры двигателя и уменьшения трения подшипников предусмотрена система смазки. Масло подается из резервуара (Р) маслонасосом (Н-2) к трущимся деталям. Из подшипников по сливному трубопроводу масло сливается в резервуар, где происходит его охлаждение.

## **2.2 Структурная схема АС**

Объектом управления является частотный преобразователь. Управление технологическим процессом сводится к поддержанию требуемого расхода нефти в трубопроводе. Централизованное управление реализуется заданием частоты вращения электродвигателя. Управление на полевом уровне заключается в автоматическом регулировании расхода на выходе насосного агрегата.

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков (измерительных преобразователей), осуществляющий сбор информации о параметрах технологического процесса, и исполнительных устройств, которые реализует регулирующее и управляющее воздействия. Исполнительными устройствами являются электропривод насосного агрегата с частотным преобразователем и электропривод маслосистемы.

Средний уровень (контроллерный) состоит из ПЛК, который осуществляет:

- исполнение команд верхнего уровня;
- обмен информацией с верхним уровнем;
- сбор и первичную обработку информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое регулирование.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) состоит из компьютера, который соединен с ПЛК сетью Ethernet, в качестве передающей среды используется медная витая пара. Разработанная трехуровневая архитектура представлена в приложении А.

## **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации (ФСА) показывает основные технические решения, принимаемые при проектировании систем автоматизации технологического процесса.

ФСА является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений [8].

Разработаны функциональные схемы автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013, представленная в Приложении Б, и согласно стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA-5.1-2009, представленная в Приложении В.

## **2.4 Разработка схемы информационных потоков**

Схема информационных потоков представлена тремя уровнями сбора и хранения информации:

- нижний уровень (сбор и обработка);
- средний уровень (текущее хранение);
- верхний уровень (архивное хранение).

Рассмотрим каждый из уровней подробнее. На нижнем уровне происходит сбор данных с датчиков, как правило, собираются аналоговые и дискретные сигналы, а также данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень является маршрутизатором информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к экранным формам АРМ. На данном уровне ПЛК формирует пакетные данные и отправляет их на верхний уровень к SCADA-системам.

Верхний уровень представляет базу данных АСУ ТП. Информация на данном уровне отображается в виде экранных форм или мнемосхем, которые видит оператор на своём мониторе. На форме выводятся различные информационные и управляющие элементы, а также отчеты.

Разработанная схема информационных потоков представлена в Приложении Г.

Для того чтобы идентифицировать элементы для контроля и управления используются идентификаторы (шифры). Структура идентификатора имеет вид: AAA\_BBBB\_CCC.

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

- PRS – давление;
- TMP – температура;
- LVL – уровень;
- PRD – перепад давления;
- VLT – напряжение;
- CUR – ток;
- FLW – расход.

BBBB – код технологического аппарата, максимум 4 символа, может принимать следующие значения:

- FTR1 – фильтр нефти;
- FTR2 – фильтр масла;
- DCL1 – линия всасывания;
- PMP1 – насос;
- PMP2 – насос маслосистемы;
- MTR1 – привод насоса;
- CHP1 – частотный преобразователь;
- DCL2 – линия потребителей нефти;
- TNK1 – резервуар маслосистемы.

CCC – уточнение, 3 символ, может принимать следующие значения:

- PET – нефть;
- OIL – масло;
- SUP – питающая сеть.

Кодировка тэгов показана в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка тэгов

Кодировка	Расшифровка
PRD _ FTR1 _ PET	Перепад давления на фильтре
FLW _ DCL1 _ PET	Расход нефти на входе
VLT _ CHP1 _ SUP	Напряжение фазное двигателя
CUR _ CHP1 _ SUP	Ток фазовый двигателя
TMP _ DCL1 _ PET	Температура нефти
PRS _ PMP1 _ PET	Давление на входе насоса
PRS _ PMP1 _ PET	Давление на выходе насоса
PRS _ PMP2 _ OIL	Давление масла в маслопроводе
PRD _ FTR2 _ OIL	Перепад давления на масляном фильтре
FLW _ DCL2 _ PET	Расход нефти на выходе
TMP _ PMP1 _ OIL	Температура подшипников насоса
TMP _ MTR1 _ OIL	Температура подшипников электропривода
TMP _ TNK1 _ OIL	Температура масла в баке
LVL _ TNK1 _ OIL	Уровень масла в баке

## 2.5 Выбор средств реализации АС

### 2.5.1 Выбор ПЛК

Произведем выбор контроллера из следующих видов: ОВЕН ПЛК 160, SIEMENS S7-300 CPU 314, DVP-SX2 (таблица 2) [9 – 11].

Таблица 2 – Технические характеристики ОВЕН ПЛК 160

Критерии выбора	ОВЕН ПЛК 160	SIEMENS S7-300 CPU 314	DVP-SX2
Напряжение питание	24 В	24 В	24 В
Дискретные входы	16 штук	16 штук	8 штук
Дискретные выходы	12 штук	16 штук	6 штук
Аналоговые входы	8 штук	–	4 штук
Аналоговые выходы	4 штук	–	2 штук
Интерфейсы	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-485	RS-232, RS-485
Диапазон температур	(минус 40 – 55) °С	(0 – 60) °С	(0 – 55) °С
Цена	29280 руб.	113625 руб.	17000 руб.

Контроллер DVP-SX2 имеет недостаточное количество входов, в связи с этим необходимо использовать модули расширения входов. Также контроллер может работать только при положительной температуре, как и SIEMENS S7-300 CPU 314, к тому же контроллер фирмы SIEMENS имеет высокую стоимость и не содержит аналоговых входов и выходов.

Таким образом, будем использовать контроллер ОВЕН ПЛК 160 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Контроллер ОВЕН ПЛК 160

Программирование контроллера осуществляется в среде CODESYS с поддержкой пяти языков программирования. Фирма ОВЕН занимается разработкой контроллеров для малых и средних систем автоматизации, контрольно-измерительных приборов, программных средств. Продукция компании используется в различных отраслях промышленности, в том числе и нефтехимической [9].

Схема подключения внешних цепей контроллера приведена на рисунке 3 [9].

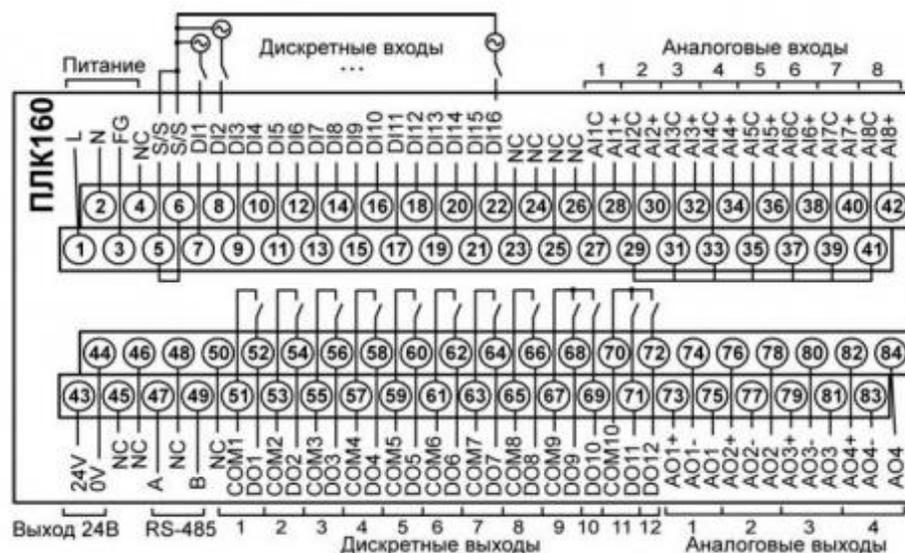


Рисунок 3 – Расположение контактов для подключения внешних цепей

## 2.5.2 Выбор датчиков

### 2.5.2.1 Выбор датчиков давления

Для задачи измерения давления проведем сравнительный анализ следующих датчиков: ДМ5007Ех, Метран-150ТА, и сравним их с зарубежным Rosemount 3051С. Параметры датчиков сведены в таблицу 3 [12 – 14].

Таблица 3 – Обзор датчиков давления

Критерий выбора	ДМ5007Ех	Метран-150ТА	Rosemount 3051С
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазон измерений	(0 – 16) МПа	(0 – 16) МПа	(0 – 27,58) МПа
Предел допустимой погрешности	± 0,25 %;	± 0,075 %;	± 0,065 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Взрывозащищенность	+	+	+
Температура окружающей среды	(минус 55 – 70) °С	(минус 55 – 80) °С	(минус 57 – 85) °С
Средний срок службы	8 лет	12 лет	–
Напряжение питания	(17 – 42) В	(12 – 42) В	(10,5 – 55) В

Для измерения давления был выбран датчик фирмы Метран-150ТА (рисунок 4), так как имеет малую относительную погрешность, обеспечивает безотказность работы в жестких климатических условиях и при механических

воздействиях. Датчик имеет большой срок службы. Также, возможность питания в широком диапазоне напряжений [13].



Рисунок 4 – Датчик давления Метран-150ТА

Опросный лист на датчик давления приведен в приложении Д.

Датчик давления состоит из сенсорного модуля и электронного преобразователя. В состав сенсора входит измерительный блок и плата аналого-цифрового преобразования (АЦП). Давление среды в камере измерительного блока деформирует чувствительный элемент, что приводит к изменению электрического сигнала. Чувствительным элементом выступает емкостная измерительная ячейка. Емкостную ячейку изолируют электрически, механически и термически от окружающей и измеряемой сред. Измеряемое давление передается через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки.

Воздействие давления среды приводит к изменению положения измерительной мембраны, в следствии чего появляется разность емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным

по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП и преобразуется электронным преобразователем в выходной сигнал [13].

### 2.5.2.2 Выбор датчика перепада давления

В качестве датчика перепада давления также возьмем датчик фирмы Метран модели 150CD (рисунок 5) [13].



Рисунок 5 – Датчик перепада давления Метран-150CD

Характеристики датчика представлены в таблице 4 [13].

Таблица 4 – Характеристика датчика перепада давления Метран-150CD

Параметр	Значение
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар
Диапазоны измерений	(0 – 0,25) МПа
Предел допустимой погрешности	$\pm 0,1$ %;
Выходной сигнал	(4 – 20) мА
Взрывозащищенность	+
Температура окружающей среды	(минус 55 – 80) °С
Средний срок службы	12 лет
Напряжение питания	(12 – 42) В

Датчик имеет высокую точность, широкий диапазон температур и достаточно долгий срок службы.

### 2.5.2.3 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры воды и масла проведем сравнительный анализ следующих датчиков: Метран-281, ТСПУ – 1187 и зарубежный Rosemount 248. Результаты сравнения сведены в таблице 5 [15].

Таблица 5 – Обзор датчиков температуры

Критерии выбора	Метран-281	Rosemount 248	ТСПУ - 1187
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Температура окружающей среды	(минус 50 – 85) °С	(минус 40 – 85) °С	(минус 50 – 85) °С
Диапазон пределов измерений	(минус 50 – 500) °С	(минус 200 – 300) °С	(0 – 300) °С
Предел допустимой погрешности	± 0,4 %	± 0,1 %	± 0,25 %
Напряжение питания	(18 – 42) В	(12 – 42) В	(18 – 42) В
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Взрывозащищенность	+	+	+
Средний срок службы	3 года	2 года	5 лет

Для измерения температуры воды и масла выберем датчик ТСПУ – 1187 (рисунок 6). Данный температурный преобразователь имеет значительный срок службы по сравнению с двумя другими, 5 лет. К тому же, у него высокая точность и широкий диапазон температур окружающей среды, при которой он будет эффективно работать. Имеется возможность передавать сигнал по HART протоколу. Диапазон измеряемых температур лежит в узком пределе, что соответствует условиям использования, а значит, точность измерения будет выше [15].



Рисунок 6 – Датчик температуры ТСПУ – 1187

Температурный преобразователь состоит из чувствительного элемента (медного, платинового) и измерительного преобразователя с выходным сигналом 0-5 или 4-20 мА. Измеряемая температура преобразуется в изменение омического сопротивления терморезистора, размещенного в термозонде. Измерительный преобразователь преобразует напряжение, возникающее на термочувствительном элементе, в токовый выходной сигнал [15].

#### **2.5.2.4 Выбор уровнемера**

Для задачи измерения уровня проведем сравнительный анализ следующих датчиков уровня: Сапфир-22МП-ДУ 2620, Метран-249, СКБ-02. Сравнение уровнемеров приведено в таблице 6 [16-18].

В качестве уровнемера будем использовать датчик уровня СКБ-02 (рисунок 7). Преобразователь уровня буйковый электрический СКБ-02 является современным прибором с улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с существующими приборами Сапфир-22МП-ДУ. Он имеет наилучший диапазон температур и высокую точность.

Таблица 6 – Обзор уровнемеров

Критерии выбора	Сапфир -22МП-ДУ 2620	Метран-249	СКБ-02
Измеряемая среды	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Диапазон измеряемых уровней	(0 – 10) м	–	(0 – 10) м
Предел допускаемой погрешности	± 0,25 %	± 0,25 %	± 0,25 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Взрывозащищенность	+	+	+
Температура окружающей среды	(минус 50 – 80) °С	(минус 40 – 80) °С	(минус 50 – 80) °С
Измерение уровня раздела двух сред	да	да	да



Рисунок 7 – Датчик уровня СКБ-02

Буйковые уровнемеры работают на основе физического явления, описываемого законом Архимеда. Чувствительным элементом выступает цилиндрический буюк. Для его изготовления используют материал с плотностью, большей плотности жидкости. Буюк частично погружен в жидкость и расположен в вертикальном положении. Когда меняется уровень жидкости в аппарате, масса буйка в жидкости меняется пропорционально изменению уровня. Вес буйка преобразуется в сигнал с помощью унифицированных преобразователей «сила – давление» и «сила – ток». В соответствии с видом

используемого преобразователя силы различают пневматические и электрические буйковые уровнемеры.

При увеличении уровня жидкости уменьшается вес буйка и момент, создаваемый буйком на рычаге. При изменении момента рычаг поворачивается вокруг оси по часовой стрелке и прикрывает заслонкой сопло. Поэтому давление в линии сопла увеличивается. Давление поступает в пневматический усилитель, выходной сигнал которого является выходным сигналом уровнемера. Поворотное движение может передавать сигнал на цифровой контроллер, который преобразует угол поворота в электрический сигнал [18].

### 2.5.2.5 Выбор датчика тока

Для задачи измерения тока проведем сравнительный анализ следующих датчиков: ДТР-01, ДТТ-03Т, ДТТ-09. Сравнение приведено в таблице 7 [19].

Таблица 7 – Обзор датчиков тока

Критерии выбора	ДТР-01	ДТТ-03Т	ДТТ-09
Диапазон измеряемых токов	(0 – 300) А	(0 – 300) А	(0 – 1000) А
Допустимая токовая перегрузка	150 %	150 %	–
Предел допускаемой погрешности	± 1,5 %	± 0,5 %	± 0,5 %
Напряжение питания	(8 – 30) В	(15 – 30) В	(15 – 30) В
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Диапазон рабочих температур	(минус 20 – 80) °С	(минус 40 – 80) °С	(минус 40 – 80) °С

В качестве датчика тока будем использовать ДТТ-03Т (рисунок 8), так как он имеет малую погрешность измерений, работает в широком диапазоне температур и достаточно широкий диапазон измеряемых токов [19].



Рисунок 8 – Датчик тока ДТТ-03Т

Датчики измерения тока, основанные на эффекте Холла, обеспечивают гальваническую развязку до 10 кВ и обладают целым рядом других преимуществ: малые габариты и масса, хорошее быстродействие. Эффект Холла — явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также холловским напряжением) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле.

Датчик тока состоит из кольцевого или прямоугольного магнитопровода, в зазоре которого находится датчик Холла. Магнитная индукция, создаваемая первичным током, приводит к появлению выходного сигнала у магниточувствительного датчика Холла. Этот сигнал повторяет форму и пропорционален величине первичного тока. В датчиках компенсационного типа содержится компенсационная обмотка, имеющая стопроцентную обратную связь. Такие датчики тока имеют точность измерения лучше одного процента и способны измерять постоянный и переменный ток [20].

#### **2.5.2.6 Выбор датчика напряжения**

Для задачи индикации высокого напряжения проведем сравнительный анализ следующих индикаторов напряжения: ИВА-02, ИВН-10, ИВНР-10. Результаты сравнения сведены в таблице 8 [21].

Таблица 8 – Обзор индикатор напряжения

Критерии выбора	ИВА-02	ИВН-10	ИВНР-10
Температура окружающей среды	(минус 40 – 60) °С	(минус 40 – 60) °С	(минус 40 – 60) °С
Диапазон пределов измерений	(6 – 35) кВ	(6 – 10) кВ	(6 – 10) кВ
Напряжение питания	(85 – 264) В	Не требуется	Не требуется
Выходной сигнал	Световая индикация, Modbus RTU	Световая индикация	Световая индикация
Релейный выход	+	–	+

Для индикации напряжения выбираем индикатор ИВА-02 (рисунок 9). Данный индикатор имеет релейный выход с функцией сигнализации или управления. Отличительной особенностью данного индикатора является способность передавать сигнал по интерфейсу RS-485 [21].



Рисунок 9 – Индикатор высокого напряжения ИВА-02

### 2.5.2.7 Выбор датчика расхода

Для измерения расхода нефти проведем сравнительный анализ следующих расходомеров: ЭМИС-ВИХРЬ 200, ЭМИС-ДИО 230, ЭМИС-МАГ 270. Результаты сравнения сведены в таблице 9 [22 – 24].

Выбираем в качестве расходомера ЭМИС-МАГ 270 (рисунок 10). Расходомер имеет подходящий диапазон температур и пределы измерения. В

отличие от других расходомеров, электромагнитный является бесконтактным, что облегчает его установку и увеличивает срок службы [24].

Таблица 9 – Обзор расходомеров

Критерии выбора	ЭМИС-ВИХРЬ 200	ЭМИС-ДИО 230	ЭМИС-МАГ 270
Тип датчика	Вихревой	Роторный	Электромагнитный
Измеряемая среды	Жидкости с механическими примесями	Жидкости, вязкие жидкости	Электропроводные жидкости, агрессивные среды
Температура измеряемой среды	(минус 60 – 450) °С	(минус 20 – 250) °С	(минус 40 – 130) °С
Диапазон пределов измерений	(8 – 250) м <sup>3</sup> /ч	(8 – 280) м <sup>3</sup> /ч	(3 – 283) м <sup>3</sup> /ч
Предел допустимой погрешности	± 0,5 %	± 0,5 %	± 0,5 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, Modbus RTU	(4 – 20) мА, Modbus RTU	(4 – 20) мА, Modbus RTU
Давление среды	(0 – 25) МПа	(0 – 6,3) МПа	(0 – 32) МПа
Взрывозащищенность	+	+	+



Рисунок 10 – Расходомер ЭМИС-МАГ 270

Прибор работает по закону электромагнитной индукции. При пересечении магнитного поля в жидкости индуцируется электродвижущая сила, пропорциональная скорости движения жидкости.

### 2.5.3 Выбор исполнительных механизмов

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

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – поддержания заданного расхода.

В качестве исполнительных механизмов будем использовать насос с частотным преобразователем и насос маслосистемы.

#### 2.5.3.1 Выбор насосного агрегата

Для перекачивания нефти будем использовать насос ЦНС 240-1900 с электродвигателем СТДМ-1600. Агрегаты типа ЦНС представляют собой центробежные насосы для перекачивания химически нейтральных жидкостей. Для изготовления этих насосов используют коррозионно-устойчивую сталь, которая гарантирует долговечность насоса.

Характеристики насоса и электродвигателя приведены в таблице 10 [25].

Таблица 10 – Технические характеристики насоса ЦНС 240

Наименование	ЦНС-240-1900
Напор	1900 м
Подача номинальная	240 м <sup>3</sup> /ч
Мощность насоса	1672 кВт
КПД	78 %
Электродвигатель насосного агрегата	СТДМ-1600
Мощность электродвигателя	1600 кВт
Напряжение номинальное	6000 В
Частота вращения номинальная	3000 об/мин

Изображение насоса представлено на рисунке 11 [25].



Рисунок 11 – Насос ЦНС 240-1900

### 2.5.3.2 Выбор преобразователя частоты

Для регулирования скорости вращения двигателя проведем сравнение параметров следующих частотных преобразователей: Эратон-В, ВПЧА-Т-06/192-УХЛ4, СТА-В9 НВИ (таблица 11) [26 – 28].

Таблица 11 – Сравнение параметров преобразователей частоты

Критерии выбора	Эратон-В	ВПЧА-Т-06/192-УХЛ4	СТА-В9 НВИ
Применение	Синхронный и асинхронный двигатель	Асинхронный двигатель	Синхронный и асинхронный двигатель
Выходное напряжение, кВ	3, 6, 10	3, 6, 10	3, 6, 10
Выходная частота, Гц	(0 – 50)	(0 – 80)	(0 – 50)
Мощность, кВт	1600	1600	1600
КПД, %	97	96	96
Входной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА Modbus RTU	(4 – 20) мА Modbus RTU
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА Modbus RTU	(4 – 20) мА Modbus RTU

Для регулирования скорости вращения двигателя используем преобразователь частоты СТА-В9 (рисунок 12) [28]. Данный преобразователь подходит для синхронного двигателя и имеет аналоговое и цифровое управление.



Рисунок 12 – Преобразователь частоты СТА-В9

Подключение частотного преобразователя осуществляется без внешних трансформаторов, что является экономичным с точки зрения потери энергии. В преобразователе частоты встроена защита от перегрузки по току и напряжению и перегрузки электродвигателя, защита от короткого замыкания.

### **2.5.3.3 Выбор насоса маслосистемы**

Смазка и охлаждение подшипников электродвигателя и насоса обеспечивается маслосистемой, установленной в насосном блоке. Охлаждение масла воздушное. Масло подается из маслобаков через фильтры и маслоохладитель. Обратное в бак масло сливается самотеком.

Для маслосистемы используем шестеренный насос ШФ8-25-5.8/3Б (рисунок 13) [29].



Рисунок 13 – Насос ШФ8-25-5.8/3Б

Насосы данного типа предназначены для перекачивания смазывающих жидкостей. Технические характеристики насоса представлены в таблице 12 [29].

Таблица 12 – Технические характеристики ШФ8-25-5.8/3Б

Наименование	ШФ8-25-5.8/3Б
Подача	5,8 м <sup>3</sup> /ч
Мощность насоса	1,5 кВт
Частота вращения	1500 об/мин
Вид перекачиваемого продукта	Масло, нефть, мазут
Напряжение питания	220 / 380 В
Частота питающей сети	50 Гц
Масса	72кг

## 2.6 Разработка схемы внешних проводов

В процессе выполнения работы, была разработана схема внешних проводов, она приведена в приложении Е. На схеме показаны проводки следующих датчиков: датчиков давления, датчиков температуры, датчиков

перепада давления, уровнемера, датчика тока и напряжения, датчиков расхода. Для передачи сигналов был выбран кабель КВВГЭнг (рисунок 14 [30]).



Рисунок 14 – Кабель КВВГЭнг

Расшифровка аббревиатуры кабеля КВВГЭнг:

- К означает, что кабель контрольный;
- В (первая) говорит, что проводники изготовлены из ПВХ-пластика;
- В (вторая) говорит, что скрутка жил помещена в ПВХ-оболочку;
- Г означает, что кабель не имеет внешнего защитного слоя;
- Э говорит о наличии защитного экрана.

Кабель КВВГЭнг предназначен для прокладки в помещениях и на открытом воздухе при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей. Технические характеристики кабеля показаны в таблице 13 [30].

Таблица 13 – Технические характеристики КВВГЭнг

Наименование	КВВГЭнг
Диапазон рабочих температур	(минус 50 – 50) °С
Минимальная температура монтажа	минус 15 °С
Максимальная температура жилы	70 °С
Срок службы:	
– в грунте	15 лет
– в помещении	30 лет

Для соединения проводов с датчиков в кабель используем клеммную колодку КК42С фирмы ОВЕН.

## **2.7 Разработка алгоритмов управления**

В автоматизированных системах используются различные алгоритмы, такие как:

- алгоритмы запуска / останов технологического оборудования;
- ПИД-алгоритм, для автоматического регулирования технологических параметров;
- алгоритмы централизованного управления.

При выполнении блок-схем алгоритмов использовались элементы согласно ГОСТ 19.701-90.

### **2.7.1 Разработка алгоритма пуска**

Данный алгоритм запускает насосный агрегат и насос маслосистемы. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не происходит.
2. Проверяется давление всасывающей линии (наличие нефти), если оно не в норме, то выдается сообщение о пониженном давлении.
3. Проверяется уровень масла в резервуаре, если он не в норме, то выдается сообщение о пониженном уровне масла в резервуаре.
4. Проверяется температура подшипников привода, если она не в норме, то выдается сообщение о повышенной температуре привода.
5. Проверяется температура подшипников насоса, если она не в норме, то выдается сообщение о повышенной температуре насоса.
6. Проверяется перепад давления на фильтрах 1, 2, если он не в норме, то выдается сообщение о загрязнении фильтра.
7. Команда на частотный преобразователь для запуска привода.
8. Команда на запуск насоса маслосистемы.

Блок-схема данного алгоритма показана в приложении Ж.

## 2.7.2 Разработка алгоритма останова

Данный алгоритм останавливает насосный агрегат и насос маслосистемы. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не происходит.
2. Команда на частотный преобразователь для остановки привода.
3. Остановка насоса маслосистемы.

Блок-схема данного алгоритма показана в приложении Ж.

## 2.7.3 Разработка алгоритма автоматического регулирования

### 2.7.3.1 Математическая модель системы

В качестве регулируемой величины выступает расход нефти в линии потребителей. В качестве алгоритма регулирования используется ПИД-закон. Формирование управляющего сигнала осуществляется на основании суммы трёх составляющих сигнала рассогласования: пропорциональной, интегральной, дифференциальной.

Схема автоматического регулирования (рисунок 15) состоит из: задающего устройства (уставка), ПЛК (реализующий функцию ПИД-регулятора), преобразователя частоты (ПЧ), синхронного двигателя, центробежного насоса, объекта управления (трубопровода), датчика расхода с масштабирующим звеном (является обратной связью).

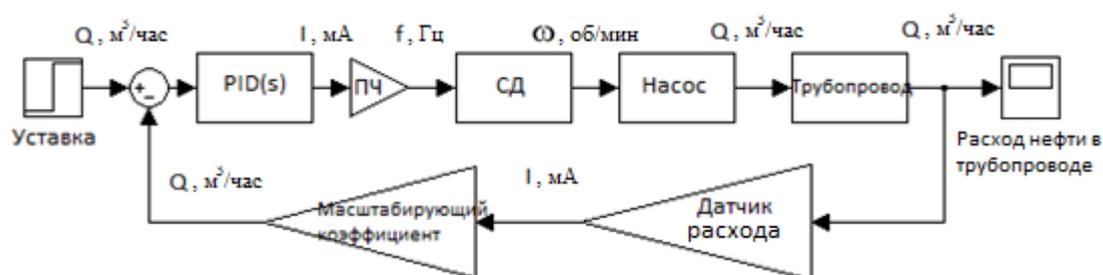


Рисунок 15 – Схема автоматического регулирования

Объектом управления является трубопровод. Оператор задает расход, который необходимо поддерживать в трубопроводе. Это значение подается в ПЛК, где происходит сравнение его со значением текущего расхода,

полученного с датчика. Затем происходит формирование выходного сигнала. Этот сигнал подается на частотный преобразователь для задания необходимой скорости двигателя.

Рассмотрим передаточные функции звеньев, входящих в данную модель. Преобразователь частоты формирует частоту для синхронного двигателя, поэтому его передаточная функция будет определяться коэффициентом преобразования:

$$W_{пч} = \frac{f}{I} = \frac{50 \text{ Гц}}{16 \text{ мА}} = 3,125, \quad (1)$$

где  $W_{пч}$  – передаточная функция преобразователя частоты;

$f$  – выходная частота преобразователя частоты, Гц;

$I$  – выходной токовый сигнал контроллера, мА.

Передаточную функцию синхронного двигателя опишем аperiodическим звеном первого порядка:

$$W_{дв} = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \cdot s + 1}, \quad (2)$$

где  $W_{дв}$  – передаточная функция двигателя;

$k_{дв}$  – коэффициент передачи двигателя, об/сек·Гц;

$T_{дв}$  – постоянная времени двигателя, с;

$s$  – оператор Лапласа.

Коэффициент передачи двигателя определяется как отношение угловой скорости  $\omega_{дв}$  к частоте преобразователя  $f$ :

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f} = \frac{3000 \text{ об/мин}}{50 \text{ Гц}} = 60. \quad (3)$$

Постоянную времени двигателя примем равной  $T_{дв}$  равно 20 с и получим передаточную функцию двигателя:

$$W_{дв} = \frac{60}{20 \cdot s + 1}. \quad (4)$$

Насос представляет из себя аperiodическое звено, которое преобразует скорость вращения вала в энергию, сообщаемую перекачиваемой жидкости:

$$W_{н} = \frac{k_{н}}{T_{н} \cdot s + 1}, \quad (5)$$

где  $W_H$  – передаточная функция насоса;

$k_H$  – коэффициент передачи насоса,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}/\text{час} \cdot \text{об.}$ ;

$T_H$  – постоянная времени насоса, с.

Коэффициент передачи насоса определяется как отношение производительности (объем перекачиваемой жидкости в единицу времени)  $Q$  к скорости двигателя:

$$k_H = \frac{Q}{\omega_{дв}} = \frac{240 \text{ м}^3/\text{час}}{3000 \text{ об/с}} = 0,08. \quad (6)$$

Постоянную времени насоса примем равной  $T_H$  равно 18 с и получаем передаточную функцию:

$$W_H = \frac{0,08}{18 \cdot s + 1}. \quad (7)$$

Передаточная функция трубопровода описывается аperiodическим звеном первого порядка:

$$W_{тр} = \frac{k_{тр}}{T_{тр} \cdot s + 1}, \quad (8)$$

где  $W_{тр}$  – передаточная функция трубопровода;

$k_{тр}$  – коэффициент передачи трубопровода,  $\text{МПа} \cdot \text{час}/\text{м}^3$ ;

$T_{тр}$  – постоянная времени трубопровода, с.

Коэффициент определяются по формуле (9):

$$k_{тр} = \frac{Q}{Q} = \frac{240 \text{ м}^3/\text{ч}}{240 \text{ м}^3/\text{ч}} = 1, \quad (9)$$

где  $P_{тр}$  – давление в трубопроводе.

Постоянная времени трубопровода определяется по формулам (10-12):

$$T_{тр} = \frac{L}{v}; \quad (10)$$

$$v = \frac{Q}{S}; \quad (11)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad (12)$$

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

$v$  – скорость потока;

$S$  – площадь сечения трубы;

$d$  – диаметр трубы.

Характеристики трубопровода приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики трубопровода

Характеристика	Значение
Диаметр трубы, $d$	0,2 м
Объемный расход, $Q$	0,067 м <sup>3</sup> /с
Длина участка, $L$	50 м

Произведем необходимые расчеты:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2; \quad (13)$$

$$v = \frac{0,067}{0,0314} = 2,134 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad (14)$$

$$T_{\text{тр}} = \frac{50}{2,134} = 23,43 \text{ с}. \quad (15)$$

Получаем передаточную функцию трубопровода:

$$W_{\text{тр}} = \frac{1}{23,43 \cdot s + 1}. \quad (16)$$

Датчик расхода преобразует значение расхода в токовый сигнал.

Передаточная функция датчика будет выглядеть

$$W_{\text{дд}} = \frac{I}{Q} = \frac{16 \text{ мА}}{240 \text{ м}^3/\text{ч а}} = 0,0666, \quad (17)$$

где  $W_{\text{др}}$  – передаточная функция датчика расхода.

Передаточная функция масштабирующего коэффициента будет обратной к передаточной функции датчика давление, т.к. с помощью данного коэффициента ПЛК восстанавливает значение давления из токового сигнала:

$$W_{\text{масш}} = \frac{Q}{I} = \frac{240 \text{ м}^3/\text{ч а}}{16 \text{ мА}} = 15, \quad (18)$$

где  $W_{\text{масш}}$  – передаточная функция масштабирующего коэффициента.

Нашли передаточные функции всех элементов системы, кроме регулятора. Также необходимо учесть, что максимальная скорость, вращения двигателя равна 3000 об/мин., поэтому надо добавить ограничение на скорость. Для этого поставим в модели после двигателя звено ограничения.

Получаем математическую модель системы (рисунок 16).

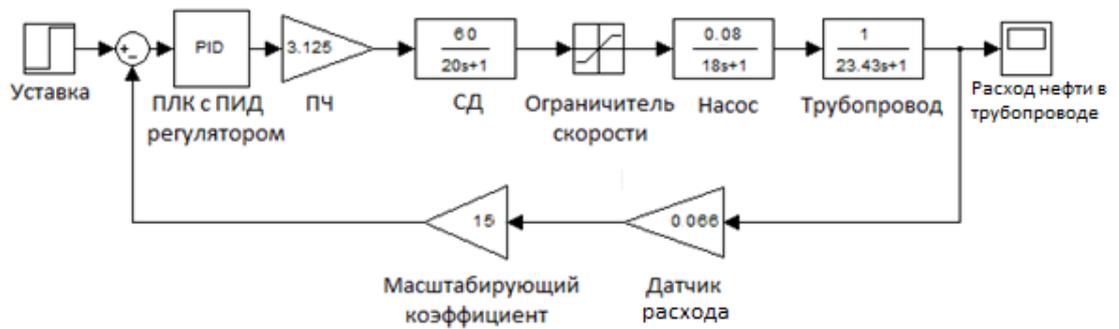


Рисунок 16 – Математическая модель системы автоматического регулирования

### 2.7.3.2 Настройка регулятора

Настройка регулятора проводилась с помощью метода Циглера-Никольса и с помощью ручной настройки. Отключили интегральную и дифференциальную составляющие регулятора и увеличили пропорциональную составляющую до тех пор, пока система не вышла на колебательный режим с постоянной амплитудой (рисунок 17), при этом отключили звено ограничения [32].



Рисунок 17 – Переходный процесс с постоянной амплитудой

Система вышла на данный режим при коэффициенте усиления равном 0,55. Период колебаний равен 70 секунд.

Рассчитаем параметры регулятора [31]:

$$k_{\text{п}} = 0,6 K^* = 0,33; \quad (19)$$

$$k_{\text{и}} = 1,2 K^* / T^* = 0,01; \quad (20)$$

$$k_{\text{д}} = 0,075 K^* * T^* = 2,89; \quad (21)$$

где  $k_{\text{п}}$  – пропорциональный коэффициент;

$k_{\text{и}}$  – интегральный коэффициент;

$k_{\text{д}}$  – дифференциальный коэффициент;

$K^*$  – коэффициент усиления при колебательном режиме;

$T^*$  – период колебания при колебательном режиме.

Подставив коэффициенты, получаем переходный процесс (рисунок 18).

Время переходного процесса равно 189 секунд, перерегулирование равно 60 процентов. Таким образом, данный метод не достаточно хорош для настройки.

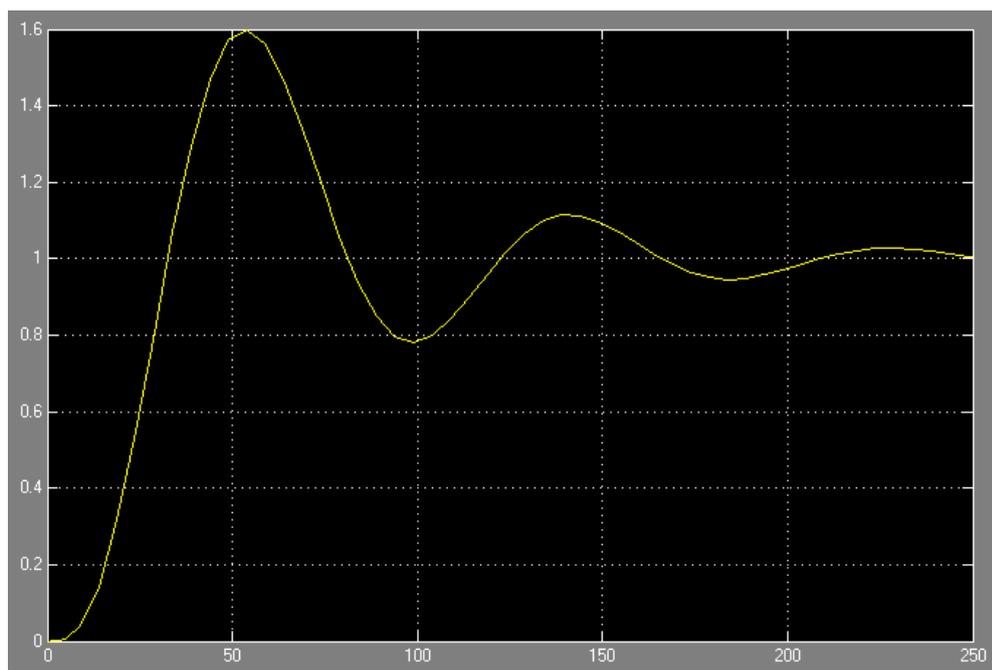


Рисунок 18 – Переходный процесс по методу Циглера-Никольса

Проведем подгонку коэффициентов вручную, исходя из полученных методом Циглера-Никольса. При изменении  $k_{\text{п}}$  качество переходного процесса не улучшалось. А уменьшение интегрального коэффициента значительно улучшило переходный процесс. При уменьшении  $k_{\text{и}}$  до 0,003 и увеличении  $k_{\text{д}}$

до 5,3 получили наилучший переходный процесс без перерегулирования и с временем переходного процесса 43 секунд (рисунок 19).

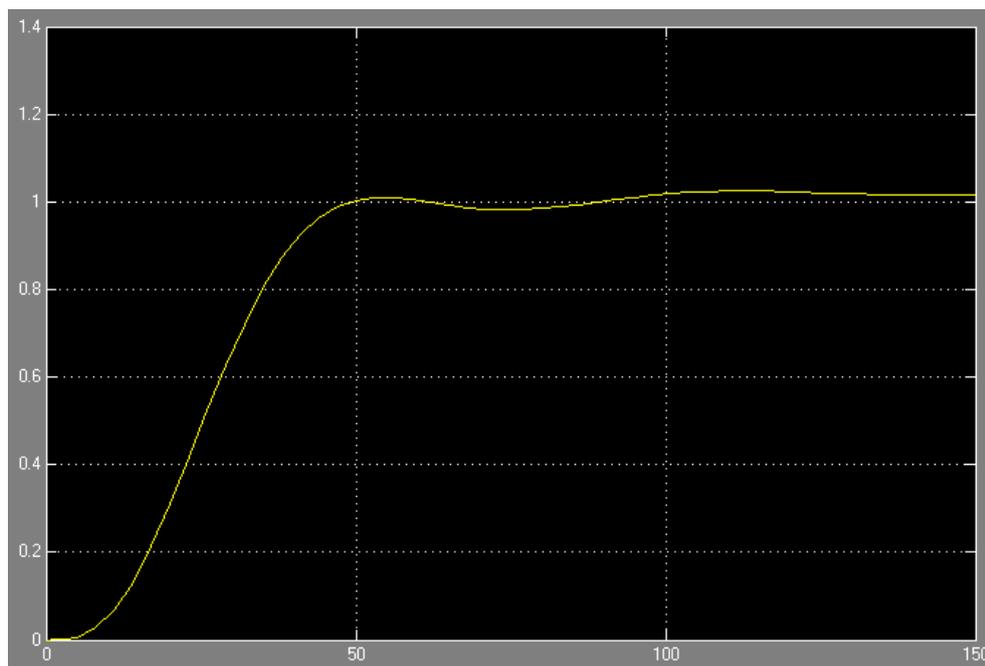


Рисунок 19 – Переходный процесс по ручной настройке регулятора

Сравнение показателей качества представлено в таблице 15.

Таблица 15 – Коэффициенты регулятора и сравнение показателей качества при различных методах настройки регулятора

Параметры	Метод Циглера-Никольса	Ручная подстройка
$k_{\Pi}$	0,33	0,33
$k_{И}$	0,01	0,003
$k_{Д}$	2,89	5,3
$t_{\text{пер}}, \text{с}$	189	43
$\sigma, \%$	60	0

Из таблицы видно, что наилучшим способом является ручная настройка. Введение регулятора и настройка коэффициентов по методу Циглера – Никольса значительно уменьшило время переходного процесса, но появилось перерегулирование. Ручной настройкой удалось избавиться от перерегулирования и при этом понизить время переходного процесса в четыре раза.

### 2.7.3.3 Анализ поведения системы при возмущающем воздействии

Смоделируем ситуацию, когда есть возмущающее воздействие. Возмущающим воздействием будет являться уменьшение расхода нефти в трубопроводе на 30% в результате его засора через 70 с после начала переходного процесса. Операторно-структурная схема приведена на рисунке 20, переходная характеристика представлена на рисунке 21.

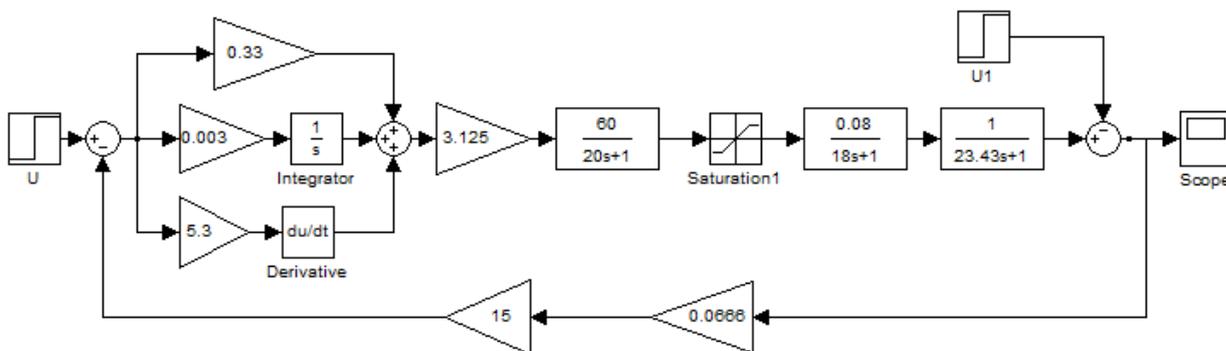


Рисунок 20 – Операторно-структурная схема системы с возмущением

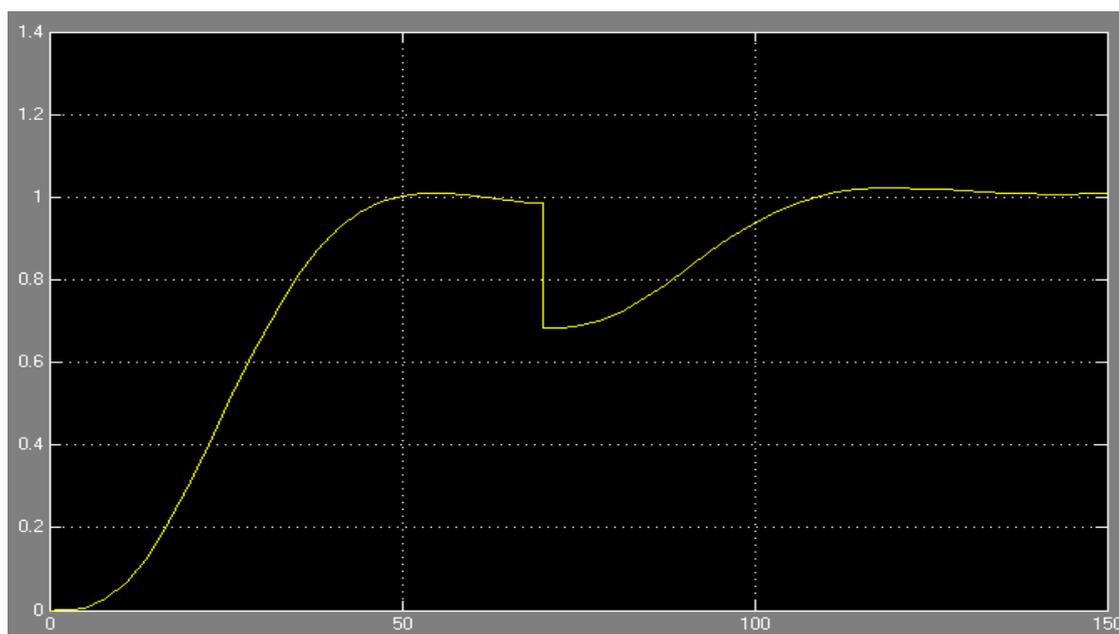


Рисунок 21 – Переходный процесс с возмущением

На графике переходного процесса видно, что система отрабатывает возмущение и возвращает значение расхода в линии нагнетания к заданному значению. Данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации расхода.

### 2.7.3.4 Робастность системы

Анализ системы на робастность проводился при изменении параметров объекта управления (трубопровода) в большую и в меньшую сторону на 30 %. В таблице 16 приведены параметры трубопровода.

Таблица 16 – Отклонение параметров объекта управления

Отклонение	-30%	0%	+30%
$k_{тр}$	0,7	1	1,3
$T_{тр}$	16,4	23,43	30,46

При изменении параметров получаем переходные процессы на рисунке 22. Желтый соответствует исходной системе, синий при увеличении параметров объекта управления, розовый при уменьшении параметров.

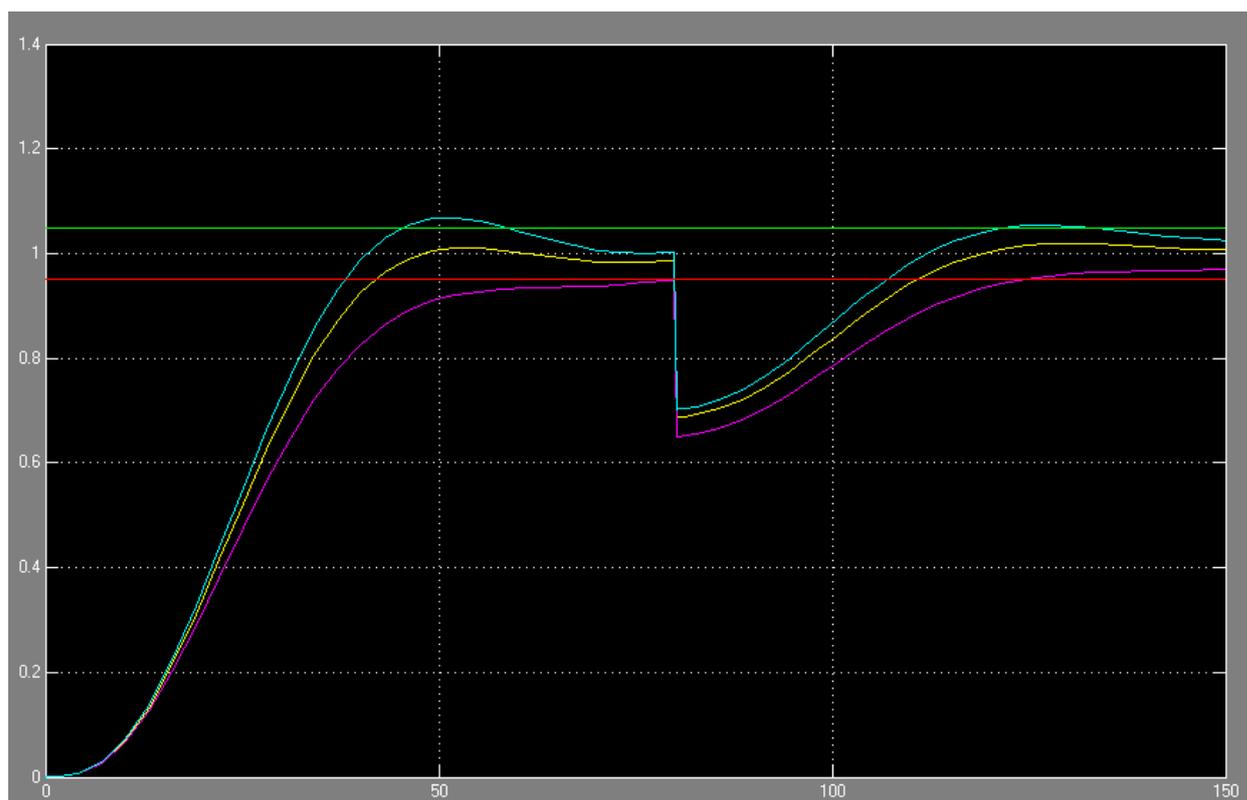


Рисунок 22 – Переходные процессы при изменении параметров  
Показатели качества переходных процессов приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Показатели качества переходных процессов

Отклонение	Показатели качества	По управлению	По возмущению
минус 30 %	$t_{пп}, c$	80	44
	$\sigma, \%$	0	0
	$\varepsilon_{ст}, \%$	0	0
0 %	$t_{пп}, c$	43	31
	$\sigma, \%$	1	2
	$\varepsilon_{ст}, \%$	0	0
30 %	$t_{пп}, c$	45	52
	$\sigma, \%$	7	6
	$\varepsilon_{ст}, \%$	0	0

Из полученных переходных процессов видно, что система не является грубой по задающему и возмущающему воздействию, т.к. при изменении параметров трубопровода время регулирования отклоняются от исходного примерно в два раза, появляется перерегулирование.

## 2.8 Проектирование алгоритмов пуска и останова в SCADA

Поскольку программирование контроллера ОВЕН осуществляется в среде CODESYS, то проектирование алгоритмов запуска и останова системы проведем в данной среде. Программу для запуска насосного агрегата и насоса маслосистемы составим на языке FBD. Для начала введем необходимые переменные. Булевские переменные о сигнализации наличия давления в линии всасывания, достаточном уровне масла в резервуаре, допустимой температуре привода и насоса, чистых фильтрах нефти и масла обозначаем в соответствии с разработанной кодировкой тегов (таблица 1). Для подачи сигнала о запуске/останове от оператора добавим булевскую переменную «Op». За визуализацию подачи сигнала управления на привод от частотного преобразователя и включения насоса маслосистемы будут отвечать переменные «СНР» и «NM» (рисунок 23).

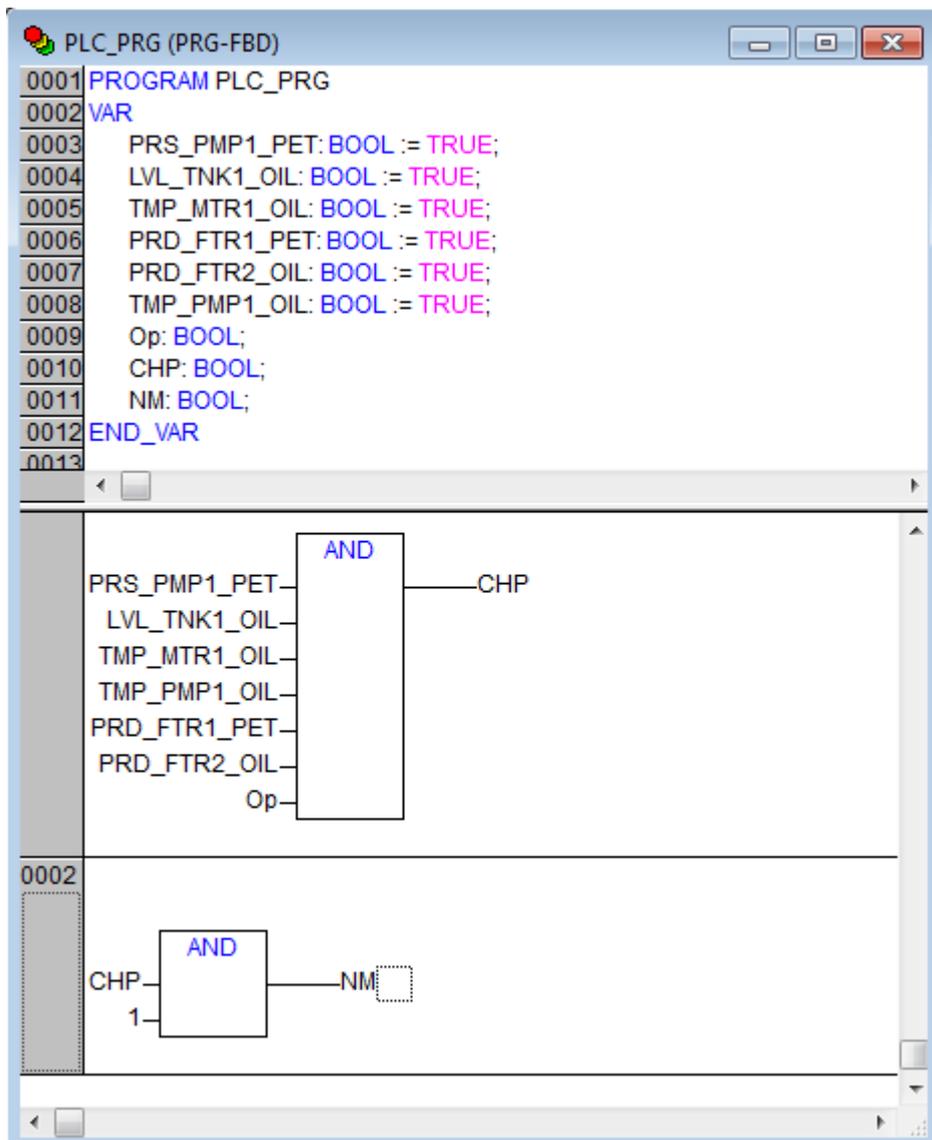


Рисунок 23 – Код программы для запуска и останова системы

Если не обнаружено аварийного состояния хотя бы одной из сигнализирующей переменной, то для запуска системы необходима лишь команда оператора на пуск. Запускается привод насосного агрегата и насос маслосистемы. Запуск системы в SCADA показан на рисунке 24. При этом сигнализации о нарушениях в работе системы не активны.

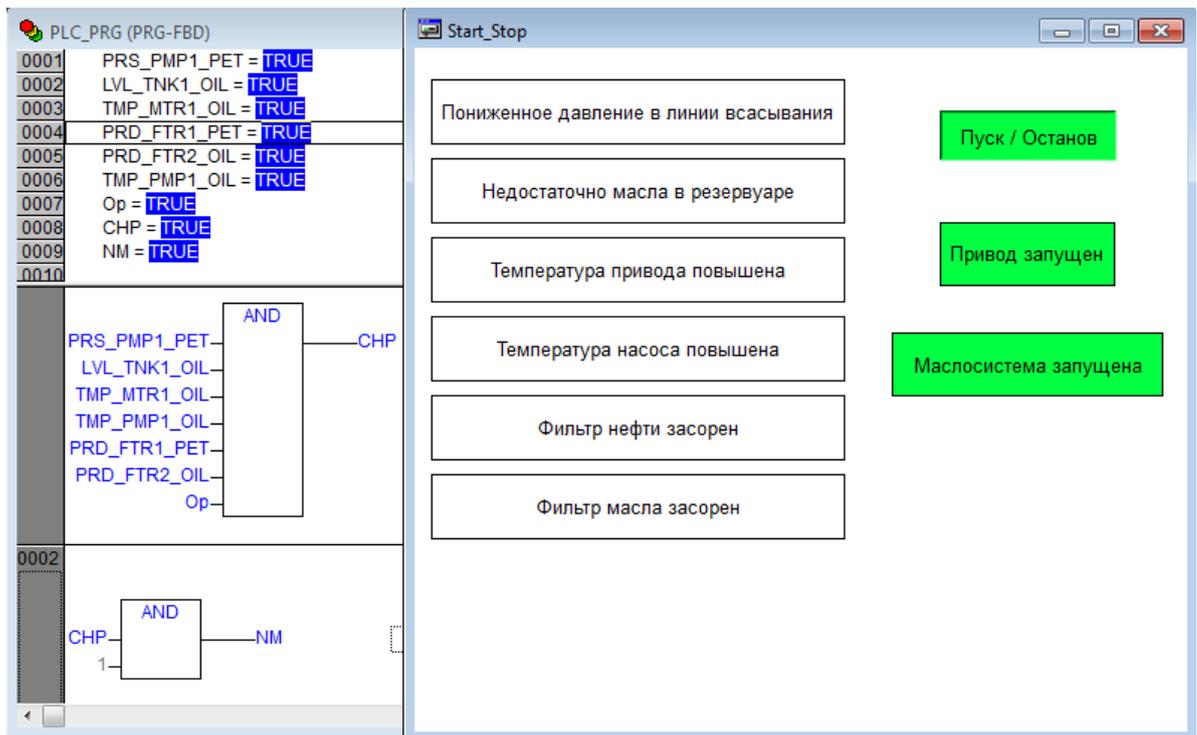


Рисунок 24 – Запуск системы в SCADA

При невыполнении хотя бы одного требования для работы системы, работа привода и насоса маслосистемы прекращается. На рабочем окне оператора сигнализируется возникшая авария. На рисунке 25 показано отключение системы при засоре фильтра нефти.

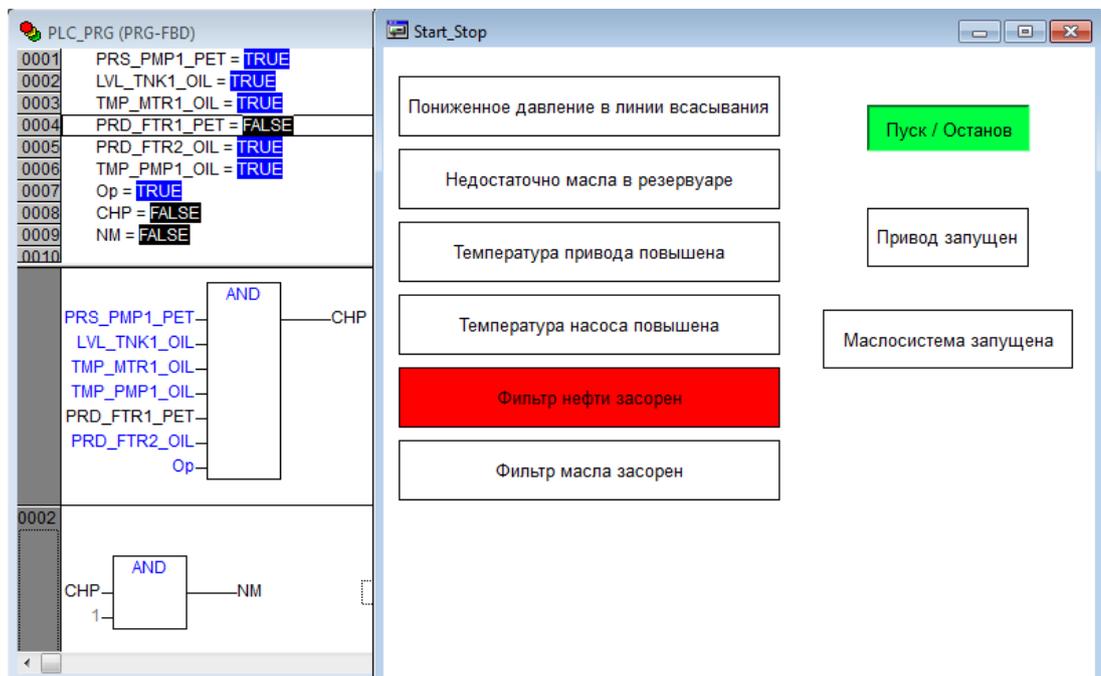


Рисунок 25 – Останов системы при возникновении аварии  
После замены или очистки фильтра можно запускать систему.

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

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом управления насосным агрегатом на нефтеперекачивающей станции ООО «Стройгазмонтаж», расположенной в Уренгойском месторождении. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника отдела автоматизации технологических процессов.

Цель работы: удешевить систему управления насосным агрегатом за счет использования более дешевого оборудования российского производства и тем самым избавиться от проблем закупки импортного оборудования.

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

##### **3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями спроектированной системы автоматизированного управления насосным агрегатом являются коммерческие организации нефтегазовой отрасли, а именно организации, осуществляющие добычу и перекачку нефти, объекты жилищно-коммунальной сферы. Научное исследование направлено на крупные и средние предприятия, которые внедряют или имеют автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами. Карта сегментирования приведена в таблице 18. Таблица 18 – Карта сегментирования

		Сфера использования	
		Организации нефтегазовой отрасли	Объекты ЖКХ
Размер организации	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят мелкие предприятия нефтегазовой отрасли и мелкие и средние объекты ЖКХ. Для использования в более крупных организациях требуется обеспечить взаимосвязь систем и настроить взаимодействие со SCADA-системами.

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 19. В качестве конкурента для проектируемой автоматизированной системы управления (АСУ) насосным агрегатом рассматривается существующая система управления насосным агрегатом (конкурент).

Таблица 19 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности насосного агрегата	0,1	5	4	0,5	0,4
Удобство в эксплуатации	0,06	4	4	0,24	0,24
Помехоустойчивость	0,06	4	4	0,24	0,24
Энергосбережение	0,05	4	5	0,2	0,25
Надежность	0,1	5	4	0,5	0,4
Безопасность	0,1	4	4	0,4	0,4
Простота управления процессом	0,07	4	4	0,28	0,28
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Конкурентоспособность	0,07	4	3	0,28	0,21
Уровень проникновения на рынок	0,04	2	4	0,08	0,16
Цена	0,1	3	3	0,3	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	4	1,0	0,8
Срок выхода на рынок	0,05	4	5	0,2	0,25
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>4,22</b>	<b>3,93</b>

Существующая система управления представлена ООО «ПромНефтеГазАвтоматика» (конкурент). Компания имеет многопрофильную структуру бизнеса: разработка и производство оборудования, автоматизация и контроль технологических процессов, строительство зданий и сооружений.

Система управления данной компании уже представлена на рынке, следовательно, обладает высоким уровнем и хорошими условиям проникновения на рынок.

Недостатком существующей системы является использование старого оборудования, что сказывается на общем повышении производительности.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (22)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$V_i$  – вес показателя;

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Опираясь на полученные результаты, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки АСУ насосным агрегатом: повышение производительности насосного агрегата, повышение надежности, конкурентоспособность, длительный срок эксплуатации. Проектирование системы будет направлено на достижение приведенных выше преимуществ.

### 3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 20.

SWOT-анализ показывает, что на проект могут оказывать влияние ряд факторов. Также, таблица показывает способы предотвращения или решения возникших трудностей с проектированием системы.

Таблица 20 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Экономичность за счет использования Российского оборудования;  С2. Повышение производительности насосного агрегата;  С3. Квалифицированный персонал по разработке проекта;  С4. Наличие бюджетного финансирования со стороны университета;  С5. Экологичность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для испытаний;  Сл2. Большой срок поставок комплектующих для научного исследования;  Сл3. Отсутствие практических знаний по обустройству системы;  Сл4. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров;  Сл5. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Использование инноваций инфраструктуры ТПУ;  В2. Использование существующего программного обеспечения;  В3. Появление спроса на новый продукт;  В4. Повышение стоимости конкурентных разработок;  В5. Использование Российского оборудования.</p>	<p>В4В5С1С2. Создание конкурентоспособного проекта.  В1В2С2С5. Использование доступного современного оборудования, способного повысить качество и производительность работы установки.</p>	<p>В2В5Сл1Сл2. Замена необходимого оборудования на схожее по функциональности.  В1В3Сл3Сл4. Прохождение практики на предприятии заказчика.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Развитая конкуренция технологии производства;  У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства;  У3. Несвоевременное финансирование научного исследования;  У4. Ограничение на импорт оборудования;  У5. Ограничение на экспорт технологии.</p>	<p>У2С1С5. Улучшать качество работы системы;  У1С2С3. Выявлять преимущества новой системы над существующей;  У4У5С1. Применять разработку на внутреннем рынке.</p>	<p>У3Сл1Сл2. Производить поиск и покупку оборудования заблаговременно.  У2У5Сл5. Поиск потребителей в других сферах производства.</p>

Исходя из анализа, дальнейшая работа будет направлена на создание сильных сторон и использование существующих возможностей в процессе проектирования.

### 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Разобьем процесс выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) на этапы и работы, которые необходимо сделать для достижения результата. При реализации проекта рассматриваются два исполнителя: руководитель (Р), инженер (И). Выделенные этапы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – перечень этапов, работ и распределения исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Консультант, инженер
	3	Изучение существующих систем	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Консультант, инженер
Разработка системы и проектирование	5	Описание технологического процесса	Инженер
	6	Разработка структурной схемы	Инженер
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	8	Разработка схемы информационных потоков	Инженер
	9	Выбор средств реализации	Инженер
	10	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	11	Разработка алгоритмов управления	Инженер
	12	Получение математической модели системы	Инженер
	13	Моделирование	Инженер
	14	Снятие характеристик с модели	Инженер
15	Анализ данных	Инженер	
16	Разработка программы пуска/останова	Инженер	
Оформление отчета	17	Составление пояснительной записки	Инженер

Выполнение ВКР сводится к выполнению четырех этапов (семнадцати работ). Роль руководителя необходима только на первом этапе. На втором этапе участвует консультант. Далее необходимо определить трудоемкость выполнения работ для каждого участника.

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемая трудоемкость, продолжительность выполнения  $i$  – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (23)$$

где  $t_{mini}$  – минимальная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимальная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$  учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (24)$$

где  $ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Рассчитанные значения представлены в таблице 22.

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (25)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (26)$$

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

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

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

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

№ ра б.	Трудоемкость работ									Ис пол нит ели	$T_{pi}$ , раб. дн.			$T_{ki}$ , кал. дн.		
	$t_{\min i}$ , чел.-дни			$t_{\max i}$ , чел.-дни			$t_{\text{ож} i}$ , чел.-дни				И	К	Р	И	К	Р
	И	К	Р	И	К	Р	И	К	Р							
1	5	–	5	7	–	7	5,8	–	5,8	2	2,9	–	2,9	4	–	4
2	10	6	–	15	9	–	12	7,2	–	2	6	3,6	–	7	4	–
3	5	–	–	7	–	–	5,8	–	–	1	5,8	–	–	7	–	–
4	2	2	–	4	4	–	2,8	2,8	–	2	1,4	1,4	–	2	2	–
5	4	–	–	5	–	–	4,4	–	–	1	4,4	–	–	5	–	–
6	3	–	–	5	–	–	3,8	–	–	1	3,8	–	–	5	–	–
7	6	–	–	8	–	–	6,8	–	–	1	6,8	–	–	8	–	–
8	3	–	–	5	–	–	3,8	–	–	1	3,8	–	–	5	–	–
9	10	–	–	15	–	–	12	–	–	1	12	–	–	15	–	–
10	5	–	–	8	–	–	6,2	–	–	1	6,2	–	–	8	–	–
11	4	–	–	6	–	–	4,8	–	–	1	4,8	–	–	6	–	–
12	4	–	–	6	–	–	4,8	–	–	1	4,8	–	–	6	–	–
13	7	–	–	9	–	–	7,8	–	–	1	7,8	–	–	10	–	–
14	7	–	–	9	–	–	7,8	–	–	1	7,8	–	–	10	–	–
15	3	–	–	5	–	–	3,8	–	–	1	3,8	–	–	5	–	–
16	3	–	–	5	–	–	3,8	–	–	1	3,8	–	–	5	–	–
17	7	–	–	10	–	–	8,2	–	–	1	8,2	–	–	10	–	–
Итого											94	5	2,9	118	6	4

Коэффициент календарности (2020 год):

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = \frac{366}{300} = 1,22. \quad (27)$$

Все рассчитанные значения приведены в таблице 22.

На основании таблицы 22 построим диаграмму Ганта (таблица 23), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 23 – Календарный план-график

№ работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Руководитель, Инженер	4												
		4												
2	Инженер, Консультант	7												
		4												
3	Инженер	7												
4	Консультант, Инженер	2												
		2												
5	Инженер	5												
6	Инженер	5												
7	Инженер	8												
8	Инженер	5												
9	Инженер	15												
10	Инженер	8												
11	Инженер	6												
12	Инженер	6												
13	Инженер	10												
14	Инженер	10												
15	Инженер	5												
16	Инженер	5												
17	Инженер	10												

Руководитель
  Консультант
  Инженер

Полученный календарный план позволяет вовремя подготовить каждый этап работы и выполнить поставленную задачу к необходимому сроку. При проектировании системы будем придерживаться разработанного плана.

### 3.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды;
- прочие затраты;
- накладные расходы.

### 3.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для расчета материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас\ xi}, \quad (28)$$

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ноутбук, мышь, принтер, печатная бумага, канцелярские товары (таблица 24).

Таблица 24 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, $Z_m$ , руб.
Канцелярские товары	Шт.	1	150	180
Печатная бумага	Пачка	1	250	300
Итого				480

Общая стоимость материальных затрат на проектирование системы равняется четыреста восемьдесят рублей.

### 3.2.4.2 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы занимает по плану четыре месяца.

Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью двадцать пять тысяч рублей и принтер стоимостью пять тысяч рублей. Срок полезного использования для офисной техники примем три года.

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (29)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (30)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 30000 \cdot 0,33\% = 9900 \text{ руб.} \quad (31)$$

Сумма амортизации за четыре месяца равна:

$$A_{\text{мес}} = \frac{9900}{12} \cdot 4 = 3300 \text{ руб.} \quad (32)$$

### 3.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата инженера и руководителя за выполнение научно-технического исследования, рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (33)$$

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

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

Среднедневная заработная плата  $Z_{\text{дн}}$  рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (34)$$

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

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

– при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

– при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (рабочих дней) таблица 25.

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Руководитель	Инженер	Консультант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
– выходные дни	52	52	52
– праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
– отпуск	48	48	48
– невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (35)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15 – 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Основная заработная плата

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65645	2720	2,9	7888
Инженер	12663	0,3	0,2	1,3	24693	1023	94	96162
Консультант	24960	0,3	0,2	1,3	48672	2017	5	10085

Итого, общая основная заработная плата исполнителей проекта составляет сто четырнадцать тысяч сто тридцать пять рублей.

### 3.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (36)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принять равным 0,1).

Полученные значения дополнительной заработной платы приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Дополнительная заработная плата и отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{внеб}}$ , руб.
Руководитель	7888	789	2620
Инженер	96162	9616	31945
Консультант	10085	1009	3350
Итого	114135	11414	37915

Общая дополнительная заработная плата исполнителей проекта составляет одиннадцать тысяч четыреста четырнадцать рублей.

### 3.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (37)$$

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

На 2020 г.  $k_{\text{внеб}}$  для образовательных и научных учреждений составляет 30,2 %.

Рассчитанная величина отчислений во внебюджетные фонды представлена в таблице 27. Общая сумма отчислений равняется тридцать семь тысяч девятьсот пятнадцать рубль.

### 3.2.4.6 Прочие затраты

К данному виду затрат относятся затраты на электроэнергию. Энергопотребление ноутбука составляет 0,28 кВт · час. Считаем рабочий день восьмичасовым и, зная количество дней, рассчитываем потребленную мощность ноутбука:

$$P_{\text{н}} = 0,28 \cdot 8 \cdot 101,9 = 228,3 \text{ кВт}, \quad (38)$$

Стоимость 1 кВт составляет 2,45 руб. Затраты на энергопотребление:

$$Z_{\text{эл}} = 228,3 \cdot 2,45 = 560 \text{ руб. } k_{\text{р}}, \quad (39)$$

### 3.2.4.7 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (40)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимаем равным 16%).

$$Z_{\text{накл}} = (480 + 3300 + 114135 + 11414 + 560) \cdot 0,16 = 20782 \text{ руб.} \quad (41)$$

### 3.2.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 28.

Таблица 28 – Бюджет затрат на НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	480	Пункт 2.2.4.1
Амортизационные отчисления	3300	Пункт 2.2.4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	114135	Пункт 2.2.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11414	Пункт 2.2.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	37915	Пункт 2.2.4.5
Затраты на электроэнергию	560	Пункт 2.2.4.6
Накладные расходы	20782	Пункт 2.2.4.7
Бюджет затрат НИР	188586	Сумма статей (1 – 7)

Бюджет затрат НИИ составил сто восемьдесят восемь тысяч пятисот восемьдесят шесть рублей, большую часть финансировал Томский политехнический университет. Финансирование осуществлялось путем предоставления оборудования, а именно студенты могут воспользоваться персональными компьютерами, которые размещены в учебных аудиториях, со всем необходимым программным обеспечением и предоставлением руководителя и консультанта.

Непосредственные затраты студента складываются из затрат на: канцелярские товары и печатную бумагу.

### **3.3 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 ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (42)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Исполнение один соответствует разработанной системе. Исполнение два принимаем за существующий вариант разработки.

За неимением информации о стоимости существующей системы ООО «ПромНефтеГазАвтоматика» принимаем значение интегрального финансового показателя равным единице для обоих вариантов исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта определим следующим образом:

$$I_{pi} = \sum \alpha_i \cdot b_i, \quad (43)$$

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

$\alpha_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки.

Сравнение вариантов проекта представлено в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Балы Исполнителя 1	Балы Исполнителя 2
1. Способствует росту производительности труда системы	0,15	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4	4
3. Помехоустойчивость	0,1	3	3
4. Энергосбережение	0,09	4	5
5. Надежность	0,18	4	3
6. Безопасность	0,18	4	4
7. Срок эксплуатации	0,2	5	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,2 = 4,25; \quad (44)$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,2 = 3,81. \quad (45)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр1}}, \quad I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр2}}. \quad (46)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (47)$$

Сравнение эффективности представлено в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,81
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	3,81
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,115	1

Путем сравнения вариантов исполнения приходим к выводу, что разработанная система является более эффективным решением задачи с позиции ресурсной эффективности.

### **Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оценены экономические аспекты исследуемого подхода к построению системы автоматического управления насосным агрегатом.

Разработка может быть применена на небольших предприятиях нефтегазовой отрасли и мелких и средних объекты ЖКХ. Существующая система управления ООО «ПромНефтеГазАвтоматика» уже представлена на рынке, поэтому обладает хорошими условиям проникновения на рынок. Однако использование старого оборудования влияет на производительность и надежность системы, а также на срок эксплуатации.

На основе SWOT-анализа выявили возможные угрозы: отсутствие спроса на новые технологии, несвоевременное финансирование научного исследования, ограниченный импорт оборудования, развитая конкуренция. Разработали способы устранения угроз за счет использования российского

оборудования, повышения производительности системы, наличия бюджетного финансирования от университета.

Подсчет затрат на разработку показал, что основными расходами является основная заработная плата исполнителей и составляет сто четырнадцать тысяч сто тридцать пять рублей, что соответствует шестидесяти одному проценту от стоимости проекта. На втором месте страховые взносы – тридцать семь тысяч девятьсот пятнадцать рублей, составляет двадцать процентов затрат. Бюджет затрат НИИ составил сто восемьдесят восемь тысяч пятьсот восемьдесят шесть рублей.

Разрабатываемая система уступает существующей в энергопотреблении в связи с использованием более производительного оборудования (насосного агрегата), но превосходит в производительности. Также, замена оборудования на новое приведет к повышению надежности системы и увеличит её срок эксплуатации.

## **4 Социальная ответственность**

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом управления насосным агрегатом в нефтеперекачивающей станции ООО «Стройгазмонтаж», расположенной в Уренгойском месторождении. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, разработки мер защиты от них для рабочего места.

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника отдела автоматизации технологических процессов.

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

Объектом исследования является рабочее место оператора нефтеперекачивающей станции. В процессе осуществления трудовой деятельности на оператора могут оказывать воздействие производственные факторы, такие как: шум, влажность воздуха, температура воздуха, электромагнитное излучение, недостаточная освещенность. Для сохранения здоровья работника предусмотрен ряд мер, обеспечивающих безопасность трудовой деятельности.

Трудовой кодекс Российской Федерации регулирует отношения между работником и работодателем на территории Российской Федерации. В нём изложены основные нормы и правила, которые обязаны соблюдать рабочий и работодатель в случае возникновения трудовых отношений. Наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени. Сменный режим работ обеспечивает непрерывный режим обслуживания работы нефтеперекачивающей станции [32].

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с

учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК регламентированные перерывы следует устанавливать через 2 часа от начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый [33].

Рабочее место оператора представляет собой закрытое, отапливаемое, вентилируемое помещение площадью 20 м<sup>2</sup>, в котором установлен персональный компьютер.

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [34].

Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики. Используются рабочие столы с регулируемой и нерегулируемой высотой рабочей поверхности. При отсутствии регулировки высота стола должна быть в пределах (680 – 800) мм [34].

Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм (допускаемая не менее 600 мм), ширина – соответственно 1 600 мм и 1 200 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [34].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600 – 700 мм), но не ближе 500 мм [34].

Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400 – 550) мм и углом наклона вперед до 15 ° и назад до 5 °;
- высоту опорной поверхности спинки (300 ± 20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм [34].

## 4.2 Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных факторов, которые оказывают влияние на оператора, работающего за компьютером, проводился согласно ГОСТ 12.0.003-2015, результаты приведены в таблице 31 [35].

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Внедрение	Эксплуатация	
1. Недостаточная освещенность рабочего места;		+	+	Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37]; Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [40]; Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах СанПиН 2.2.4.3359-16 [41]; Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 [39]; Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ Р 12.1.019-2017 [45].
2. Повышенная или пониженная влажность воздуха;	+	+	+	
3. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;	+		+	
4. Повышенный уровень шума на рабочем месте;	+	+	+	
5. Повышенный уровень электромагнитных излучений;	+	+	+	
6. Повышенный уровень статического электричества.	+		+	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи.	+		+	

### 4.2.1 Недостаточная освещенность рабочего места

Освещение рабочего места оператора нефтеперекачивающей станции является особенно важным. Недостаточное освещение является вредным фактором, который приводит к ухудшению зрения и утомлению, поэтому освещение должно быть таким, чтобы работник выполнял работу без напряжения. Показатели естественного, искусственного и совместного освещения указаны в таблице 32 [36].

Из показателей видно, что освещенность рабочего места должна составлять (200 – 400) лк при общем освещении, а коэффициент естественного освещения (КЕО) должен быть не ниже 1,2 %.

В помещении нефтеперекачивающей станции ООО «Стройгазмонтаж», расположенной в Уренгойском месторождении используется комбинированное освещение. Произведем расчёты естественного и искусственного освещения согласно СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [36].

Таблица 32 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		освещенность, лк		показатель диска фотометра $M$ , не более	коэффициент пульсации освещенности, Кп, % не более	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении	при общем освещении			
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400 200	15 -	10 -

Операторная имеет размеры  $4 \times 5 \times 2,5$  м, в которой установлено 2 окна размером  $1,6 \times 1,8$  м. Освещение является боковым, односторонним.

Используемая система искусственного освещения удовлетворяет нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37].

#### 4.2.2 Неблагоприятный микроклимат на рабочем месте

Из-за неблагоприятных метеоусловий снижается производительность труда, возникает утомляемость. Низкая температура может привести к простудным заболеваниям [38].

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показателями, характеризующими микроклимат в помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения [39].

Следует отметить, то работа оператора относится к категории легких работ (1а). Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работа (1а) отражены в таблицах 33, 34 [39].

Таблица 33 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	(22 - 24)	(21 - 25)	(60 - 40)	0,1
Теплый	Ia (до 139)	(23 - 25)	(22 - 26)	(60 - 40)	0,1

Таблица 34 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категории работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	(20,0 - 21,9)	(24,1 - 25,0)	(19,0 - 26,0)	(15 - 75)	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	(21,0 - 22,9)	(25,1 - 28,0)	(20,0 - 29,0)	(15 - 75)	0,1	0,2

Для поддержания параметров микроклимата в диапазоне оптимальных на рабочем месте применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление помещения.

#### 4.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

На рабочем месте специалиста по проектированию автоматизированной системы управления насосным агрегатом в нефтеперекачивающей станции, может быть подвергнут вредному производственному фактору – шуму, источниками являются: осветительные приборы, кондиционер, вентиляция и звуки, доносящиеся с улицы. Шум оказывает влияние на органы слуха, а также на всю нервную систему, тем самым ослабляя внимание работника.

Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 приведены в таблице 35 [40].

Таблица 35 – Предельные уровни звукового давления и уровни звука

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов в вычислительных машинах.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В качестве средств коллективной защиты можно применять: звукопоглощающие материалы, звукоизоляцию, акустические экраны. В качестве средств индивидуальной защиты работник может использовать специальные противошумные наушники. Одним из самых простых и действенных способов облегчения работы, является отдых, поэтому целесообразно устраивать кратковременные перерывы в течении рабочего дня при отсутствующих источниках шума.

#### 4.2.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

На рабочего места оператора нефтеперекачивающей станции основным источником электромагнитных излучений является дисплей компьютера. Рассмотрим нормы напряженностей магнитного и электрического полей согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 (таблица 36) [41].

Таблица 36 – Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля 50 Гц, на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м [41].

При напряженностях в интервале от 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в электрическом поле (час) рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (48)$$

где  $E$  - напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;

$T$  - допустимое время пребывания в электрическом поле при соответствующем уровне напряженности, час [41].

При напряженности от 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в электрическом поле составляет 10 мин. Пребывание в электрическом поле с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается [41].

Рассмотрим уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых ПЭВМ. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 указаны в таблице 37 [42].

Таблица 37 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот (5 – 2) кГц	25 В/м
	в диапазоне частот (2 – 400) кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот (5 – 2000) Гц	250 нТл
	в диапазоне частот (2 – 400) кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

В качестве защиты от вредного воздействия электромагнитных полей проводятся следующие мероприятия:

- регламентированные перерывы;
- применение экранов и фильтров;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

#### 4.2.5 Поражение электрическим током

Рабочее помещение оператора нефтеперекачивающей станции, где установлены персональные компьютеры, относится к помещениям без повышенной опасности, однако существует опасность поражения электрическим током в случае неисправности изоляции проводов и повреждении корпуса системного блока.

Одним из важных мероприятий для обеспечения безопасности является заземление оборудования, путем подключение заземляющего проводника к общей шине заземления [43].

Организационные мероприятия для защиты от поражения электрическим током:

- перед началом работы оператор должен убедиться в отсутствии висящих проводов, в целостности провода питания, а также в отсутствии видимых токоведущих частей;
- оператору запрещается прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;

- оператору запрещается самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- все работы по устранению неисправностей должен проводит квалифицированный персонал с исправным инструментом;
- оператор должен не допускать попадание влаги на поверхность устройств [43].

### **4.3 Экологическая безопасность**

В наше время проблема, связанная с загрязнением окружающей среды, становится глобальной. Для того чтобы жить в чистом и безопасном мире человечество должно совершенствовать существующие и разрабатывать новые технические средства защиты окружающей среды. На текущий момент техника и технологии позволяют сократить выбросы токсичных и вредных веществ, но для обеспечения чистоты в долгосрочной перспективе, люди должны создавать замкнутые, безотходные производств, а мусор и отходы должны подвергаться переработке.

В рабочем места оператора нефтеперекачивающей станции отходами будут являться части ПЭВМ, в частности электронные платы. Необходимо не просто выбрасывать электронные компоненты на свалки, а производить утилизацию и переработку.

Электронные отходы представляют собой большую опасность для окружающей среды, надо помнить, что на производство персональных компьютеров уходят значительные доли золота, серебра и палладия, добываемых ежегодно во всем мире [44].

Печатная плата является одним из наиболее важных компонентов электронного оборудования. Она представляет собой платформу, на которой устанавливаются и связываются между собой микроэлектронные компоненты. Переработка плат включает в себя три типа обработки: предварительная обработка, физическая переработка и химическая переработка. Предварительная обработка включает в себя демонтаж многоразовых и

токсичных элементов, измельчение или разделение. Затем следует физическая переработка. Потом материалы извлекают путем химического процесса переработки [44].

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д [45].

Рабочее место оператора нефтеперекачивающей станции относится к категории «В1-В4». Краткая характеристика категории приведена в таблице 38 [45].

Таблица 38 – Характеристика категории

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 – В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

Причинами возгорания могут стать короткое замыкание и перегрузка электросети, поэтому необходим правильный монтаж электрической сети, а также соблюдение режима эксплуатации электрических приборов. Рассмотрим подробнее противопожарные мероприятия.

Организационные мероприятия:

- издание планов эвакуации, плакатов, инструкций;
- обучение персонала правилам противопожарной безопасности и контроль знаний;
- проведение противопожарного инструктажа персонала.

Эксплуатационные мероприятия:

- свободный проход к оборудованию;
- поддержание исправности изоляции проводников;
- соблюдение эксплуатационных норм.

Технические мероприятия:

– в помещении установлен углекислотный огнетушитель ОУ-8, на входной двери находится план эвакуации в случае пожара, а также на досягаемом расстоянии находится пожарный щит;

– световая индикация;

– звуковое оповещение в виде громкоговорителя;

– пассивные датчики задымленности;

– профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В случае возникновения ЧС – пожара, необходимо действовать в соответствии со следующим распоряжением:

– доложить руководству о возникновении ЧС;

– убедиться в срабатывании системы пожаротушения, если по каким-то причинам система не сработала и не включила оповещение, включить ручную; если система не передала сигнал в службу пожаротушения, то сообщить по телефону 01;

– в случае отсутствия прямой угрозы здоровью и жизни произвести попытку самостоятельного тушения возгорания;

– при потере контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться из здания в соответствии с планом эвакуации;

– ожидать приезда специалистов.

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

В данной главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, влияющие на здоровье оператора нефтеперекачивающей станции. Кроме этого, были рассмотрены нормативные документы, регулирующие воздействие данных факторов на оператора.

Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов на оператора нефтеперекачивающей станции, указаны факторы, влияющие на экологическую безопасность и основные

мероприятия по снижению вредных выбросов в окружающую среду. Основной чрезвычайной ситуацией на нефтеперекачивающей станции является пожар. В разделе перечислены основные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности персонала и имущества.

## Заключение

В результате выполнения работы была модернизирована автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти. Были разработаны техническое задание, структурная схема и функциональная схема автоматизации, позволяющие определить состав необходимого оборудования. Для автоматизации установки измерения количества и контроля качества нефти, были выбраны различные датчики. Все датчики обладают унифицированным выходным сигналом (4 – 20) мА. В качестве промышленного логического контроллера был выбран ОВЕН ПЛК 160. Исполнительные устройства: насос ЦНС 240 с синхронным электродвигателем СТДМ-1600, преобразователь частоты СТА-В9, насос маслосистемы ШФ8-25-5.8/ЗБ.

В данной работе была разработана схема внешних проводок, которая позволяет понять систему передачи сигналов от устройств нижнего уровня (полевого) на щит контрольно-измерительных приборов и автоматики и АРМ оператора. Для наглядности порядка сбора и хранения информации была также разработана схема информационных потоков. Для управления технологическим процессом были разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования. Разработана математическая модель системы и рассчитаны параметры настройки регулятора по методу Циглера-Никольса с последующей ручной подстройкой параметров. Провели анализ системы при возмущающем воздействии. Проверили систему на робастность. Разработали программную реализацию и реализацию в SCADA алгоритмов пуска и останова системы. Проведя все эти исследования, пришли к выводу, что система обрабатывает возмущения. При изменении параметров объекта управления в пределах 30% показатели качества отклоняются не в значительных для данной системы пределах, то есть система не является робастной по управлению и возмущению. Таким образом, система может применяться для регулирования и стабилизации расхода нефти в трубопроводе.

## **Conclusion**

As a result of the work, the automated control system of the pump unit of the oil quantity measurement and quality control plant was modernized. Also was developed the technical assignment, structural diagram and functional diagram of automation which determine the composition of the required equipment. Various sensors have been selected to automate the oil quantity measurement and quality control unit. All sensors have unified output signal (4 - 20) mA. An OVEN PLC 160 was selected as the industrial logic controller. Actuators: CNS 240 pump with synchronous motor СТДМ-1600, frequency converter СТА-В9, oil system pump ШФ8-25-5.8/3Б.

In this work, an external wiring scheme has been developed, which allows to understand the system of transmission of signals from lower level devices (field) to the board of instrumentation and automation and operator 's AWS. A flow chart has also been developed to illustrate how information is collected and stored. Process start/stop algorithms have been developed for process control. The mathematical model of the system has been developed and the parameters of the regulator setting have been calculated according to the Ziegler-Nichols method with subsequent manual adjustment of the parameters. The system was analyzed under perturbation. The system was tested for robustness. Software implementation and implementation of system startup and shutdown algorithms in SCADA have been developed. Having carried out all these studies, concluded that the system processes perturbations. If the parameters of the control object change within 30%, the quality indicators deviate not within the significant limits for the given system, that is, the system is not robustly controlled and disturbed. Thus, the system can be used to control and stabilize the flow rate of oil in the pipeline.

## Список использованных источников

1. Острогорский М. Автоматизированная система с точки зрения ГОСТ 34. Продолжение, 2008 [Электронный ресурс] – URL: <http://philosoft-services.com/gost34asconcept2.zhtml> – дата обращения: 21.04.2020.
2. Введение [Электронный ресурс] – URL: <https://studfiles.net/preview/5672533/> – дата обращения: 21.04.2020.
3. Интерфейс [Электронный ресурс] – URL: <https://vuzlit.ru/1025500/interfeys> – дата обращения: 21.04.2020.
4. Wikipedia: Протокол передачи данных [Электронный ресурс] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол\\_передачи\\_данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол_передачи_данных) – дата обращения: 21.04.2020.
5. Тег [Электронный ресурс] – URL: <http://wp.wiki-wiki.ru/wp/index.php/%D0%A2%D0%B5%D0%B3> – дата обращения: 21.04.2020.
6. Техническое задание [Электронный ресурс] – URL: <https://studfiles.net/preview/5022556/> – дата обращения: 21.04.2020.
7. Стандарт компании. Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам. – М.: Роснефть, 2014.
8. Функциональные схемы автоматизации [Электронный ресурс] – URL: [https://studopedia.ru/6\\_54445\\_funktsionalnie-shemi-avtomatizatsii.html](https://studopedia.ru/6_54445_funktsionalnie-shemi-avtomatizatsii.html) – дата обращения: 21.04.2020.
9. ПЛК160 контроллер для средних систем автоматизации с AI/DI/DO/AO [Электронный ресурс] – URL: <https://www.owen.ru/product/plk160> – дата обращения: 5.05.2020.
10. Simatik market интернет-магазин техники автоматизации Siemens [Электронный ресурс] – URL: <http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10000732/info> – дата обращения: 5.05.2020.
11. DVP-SX2 Программируемые логические контроллеры Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – URL: [https://cepra.ru/files/docs/plc/DVP-SX2\\_manual.pdf](https://cepra.ru/files/docs/plc/DVP-SX2_manual.pdf) – дата обращения: 5.05.2020.

12. ДМ5007Ех [Электронный ресурс] – URL: <http://www.manotom-tmz.ru/catalog/elektronnye/malogabaritnye-datchiki-davleniya/el/dm5007ex/> – дата обращения: 5.05.2020.

13. Интеллектуальные датчики давления Метран-150 [Электронный ресурс] – URL: [http://www.td-utr.ru/production/datchiki-davleniya-metran/intellektualnye-datchiki-davleniya-metran-150?yclid=7555603593318128\\_111](http://www.td-utr.ru/production/datchiki-davleniya-metran/intellektualnye-datchiki-davleniya-metran-150?yclid=7555603593318128_111) – дата обращения: 5.05.2020.

14. Датчики давления Rosemount 3051 [Электронный ресурс] – URL: [http://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-3051/Rosemount\\_3051\\_datchiki\\_davleniya.pdf](http://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-3051/Rosemount_3051_datchiki_davleniya.pdf) – дата обращения: 5.05.2020.

15. Группа компаний «ГРАНТ». Производство и разработка датчиков и приборов для нефтяной промышленности [Электронный ресурс] – URL: <http://www.grant-ufa.ru/products/amt/> – дата обращения: 5.05.2020.

16. САПФИР-22МП-ДУ [Электронный ресурс] – URL: <http://skbr.ru/catalog/preobrazovateli-urovnya/sapfir-22mp-du/> – дата обращения: 5.05.2020.

17. Лекция №9 "Технические средства измерения и контроля уровня среды" [Электронный ресурс] – URL: [http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/%40Elektricheskie\\_apparat%40i\\_i\\_%40element%40i\\_A%40EP/Teory/Modul2/Lection4.htm#BuykUravn](http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/%40Elektricheskie_apparat%40i_i_%40element%40i_A%40EP/Teory/Modul2/Lection4.htm#BuykUravn) – дата обращения: 5.05.2020.

18. СКБ-02 преобразователи уровня буйковые электрические (уровнемеры). [Электронный ресурс] – URL: <http://xn--90ahjlrccscjdm.xn--p1ai/catalog/skb-02/>, – дата обращения: 5.05.2020.

19. Новейшие технологии и лучшие средства измерений для автоматизации Вашего предприятия от компании Emerson Process Management [Электронный ресурс] – URL: [http://metr-k.ru/files/catalogs/Datchiki\\_temperatury\\_2012.pdf](http://metr-k.ru/files/catalogs/Datchiki_temperatury_2012.pdf) – дата обращения: 5.05.2020.

20. Портной Г. Я. Общие вопросы электромеханики, 2010. [Электронный ресурс] – URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/116/3.pdf> – дата обращения: 5.05.2020.

21. Индикаторы высокого напряжения (ИВН) 6-10 кВ стационарные, производства ООО "НПО "Эковакуум" [Электронный ресурс] – URL: <http://ecovacuum.ru/ivn.html> – дата обращения: 5.05.2020.
22. Вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200. Измерение расхода газа, пара, жидкости [Электронный ресурс] – URL: [https://emis-kip.ru/ru/prod/vihrevoj\\_rashodomer/#teh](https://emis-kip.ru/ru/prod/vihrevoj_rashodomer/#teh) – дата обращения: 5.05.2020.
23. Роторный счетчик ЭМИС-ДИО 230 [Электронный ресурс] – URL: [https://emis-kip.ru/ru/prod/rotornyj\\_schetchnik/#teh](https://emis-kip.ru/ru/prod/rotornyj_schetchnik/#teh), – дата обращения: 5.05.2020.
24. Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270 [Электронный ресурс] – URL: [https://emis-kip.ru/ru/prod/elektromagnitnyj\\_rashodomer/#teh](https://emis-kip.ru/ru/prod/elektromagnitnyj_rashodomer/#teh) – дата обращения: 5.05.2020.
25. ЦНС 240 1050 [Электронный ресурс] – URL: <https://tgmash.ru/produkcija/cns-240-1050> – дата обращения: 10.05.2020.
26. Высоковольтные многоуровневые преобразователи частоты «Эратон-В» [Электронный ресурс] – URL: <https://erasib.ru/produkcija/vysokovoltnye-preobrazovateli/eraton-v> – дата обращения: 10.05.2020.
27. Высоковольтные преобразователи частоты «Л-Старт» серии ВПЧ [Электронный ресурс] – URL: [http://sibmech.ru/netcat\\_files/userfiles/doc/electroprivod/buklet\\_VPChA.pdf](http://sibmech.ru/netcat_files/userfiles/doc/electroprivod/buklet_VPChA.pdf) – дата обращения: 10.05.2020.
28. Высоковольтные частотные преобразователи серии СТА-В9.HVI (3 кВ, 6 кВ, 10 кВ) [Электронный ресурс] – URL: [http://www.gu-sta.ru/download/pdf\\_chp/sta-b9.hvi.pdf](http://www.gu-sta.ru/download/pdf_chp/sta-b9.hvi.pdf) – дата обращения: 10.05.2020.
29. ШФ8-25-5.8/3Б НАСОС (эл.двигатель ТИП ПБ-42М 1.5кВт 220В 1500об\мин) [Электронный ресурс] – URL: <https://marine-sphere.ru/p400063720-shf8-583b-nasos.html>, – дата обращения: 10.05.2020.
30. Кабель контрольный КВВГЭнг [Электронный ресурс] – URL: <https://elektrika-ok.ru/tovary/elektricheskij-kabel/kabel-kontrolnyj-kvvgeng> – дата обращения: 10.05.2020.
31. Расчет параметров [Электронный ресурс] – URL: [https://www.bookasutp.ru/Chapter5\\_5.aspx](https://www.bookasutp.ru/Chapter5_5.aspx) – дата обращения: 10.05.2020.

32. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) – дата обращения: 15.05.2020.

33. Организация рабочего места при работе за компьютером [Электронный ресурс] – URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/organizaciya-raboty-za-kompyuterom.html> – дата обращения: 15.05.2020.

34. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/31970> – дата обращения: 15.05.2020.

35. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62075> – дата обращения: 15.05.2020.

36. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/text/1898> – дата обращения: 15.05.2020.

37. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] – URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/text/11776> – дата обращения: 15.05.2020.

38. Понятие «микроклимат». Комплексное действие физических факторов окружающей среды на организм. Методы оценки [Электронный ресурс] – URL: <https://megaobuchalka.ru/10/25585.html> – дата обращения: 15.05.2020.

39. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/stroyka/text/5225> – дата обращения: 15.05.2020.

40. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс] – URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/text/5212> – дата обращения: 15.05.2020.

41. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> – дата обращения: 15.05.2020.

42. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс] – URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/text/39082> – дата обращения: 15.05.2020.

43. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/70055/> – дата обращения: 15.05.2020.

44. Как осуществляется переработка электроники [Электронный ресурс] – URL: <https://nature-time.ru/2015/03/kak-osushhestvlyaetsya-pererabotka-elektroniki> – дата обращения: 15.05.2019.

45. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/stroyka/text/11705> – дата обращения: 15.05.2019.

Верхний  
уровень

APM оператора



Ethernet

Средний  
уровень

Контроллер



Нижний уровень

4 – 20 мА



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Бердыев Б. К.		
	Провер.	Семенов Н.М.		
	Т.контроль			
	Н.контроль			
	Утв.			

ФЮРА.425280.005.01

Автоматизированная система  
управления насосным  
агрегатом установки  
измерения количества и  
контроля качества нефти

Лит.

Масса

Масштаб

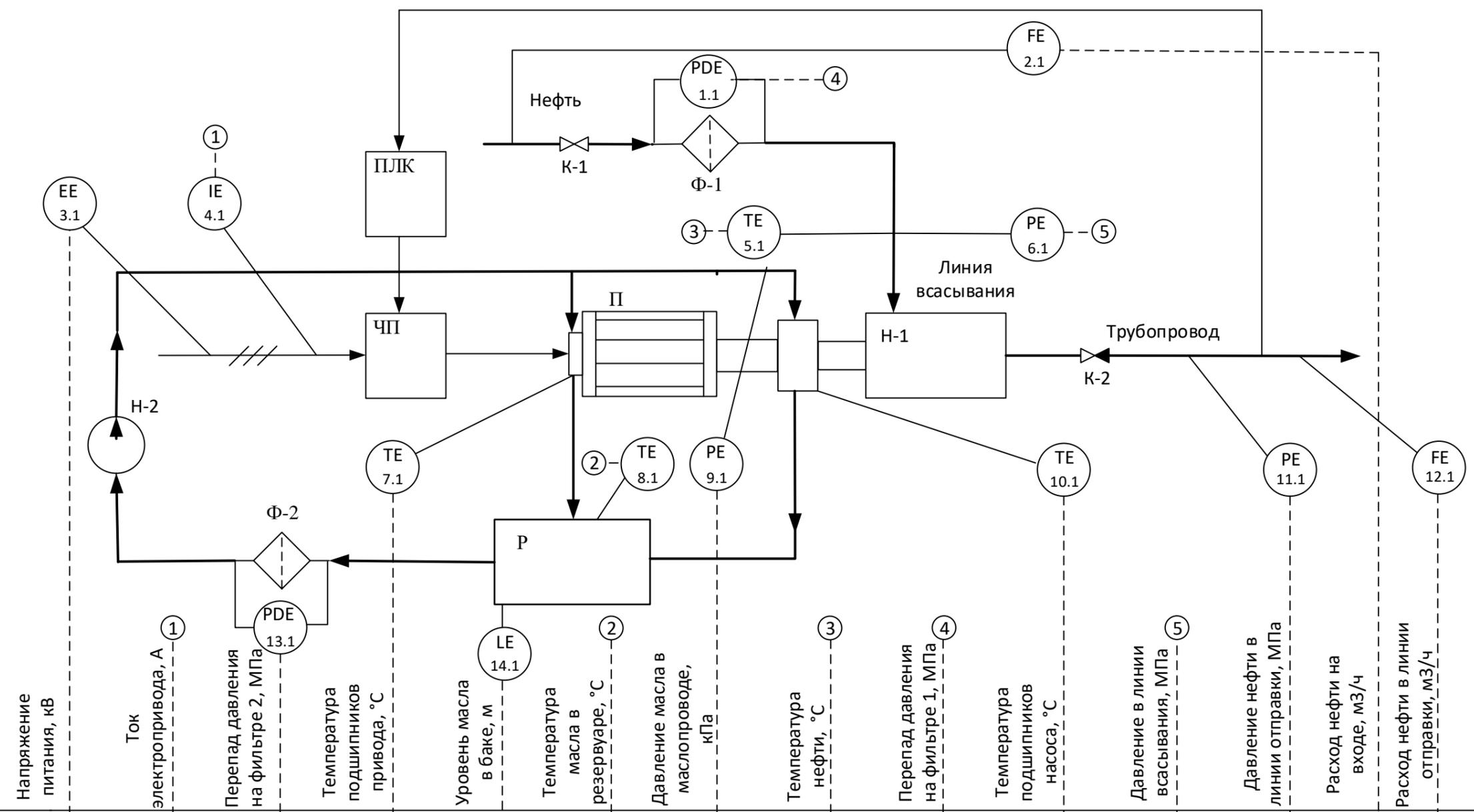
У

Лист

Листов

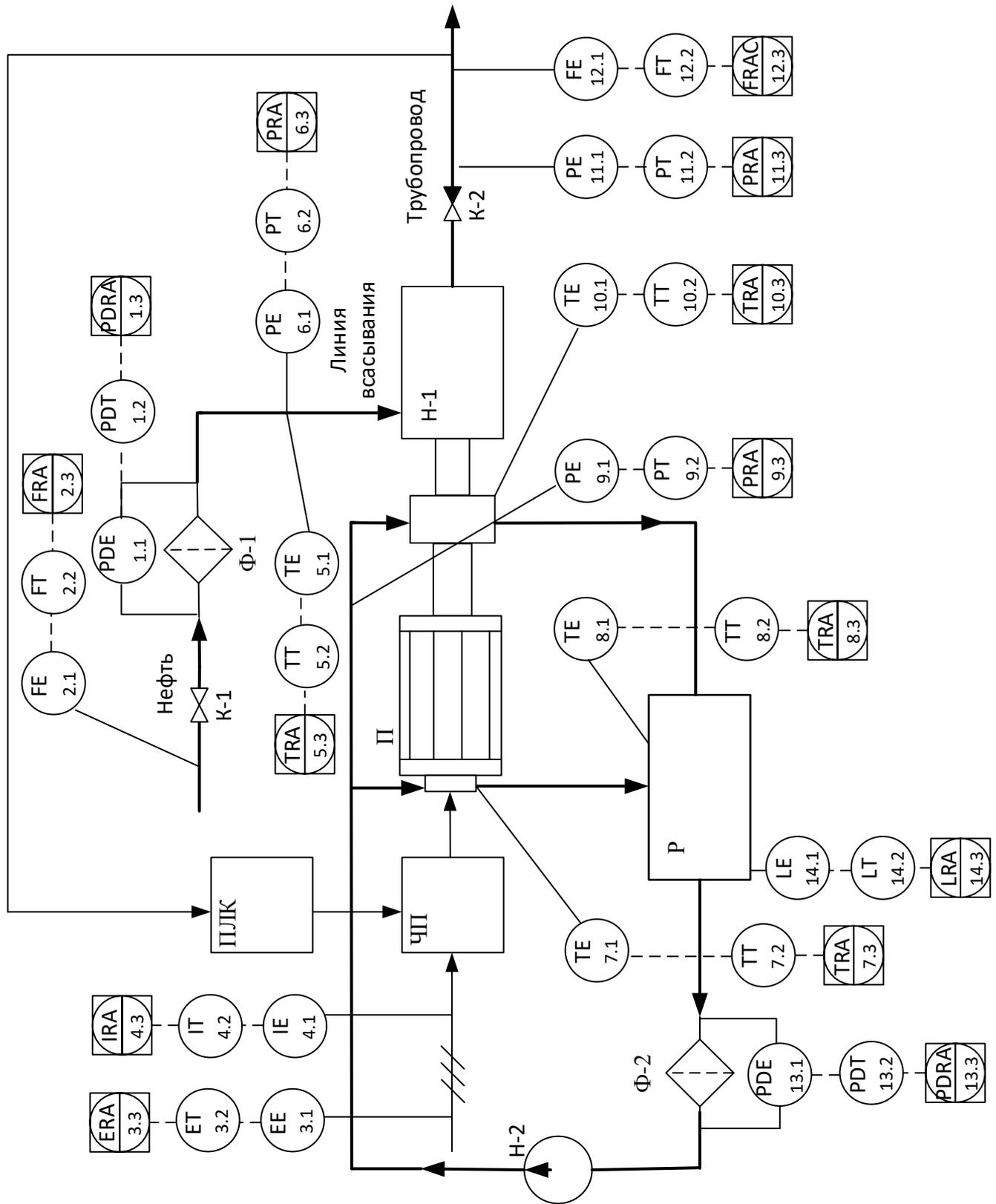
Структурная схема

ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т6А



По месту	ET 3.2	IT 4.2	PDT 13.2	TT 7.2	LT 14.2	TT 8.2	PT 9.2	TT 5.2	PDT 1.2	TT 10.2	PT 6.2	PT 11.2	FT 2.2	FT 12.2
Щит оператора	ERA 3.2	IRA 4.2	PDRA 13.2	TRA 7.2	LRA 14.2	TRA 8.2	PRA 9.2	TRA 5.2	PDRA 1.2	TRA 10.2	PRA 6.2	PRA 11.2	FC 12.3	FRA 12.2
SCADA	измерение	сигнализация	управление											

					<b>ФЮРА.425280.005.02</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Бердыев Б. К.					У		
Провер.	Семенов Н.М.					Лист	Листов	
Т.контроль								
Н.контроль								
Утв.					<b>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013</b>			
					<b>ТПУ ИШИТР ОАР ар. 8Т6А</b>			



ФЮРА.425280.005.03

Автоматизированная система  
управления насосным  
агрегатом установки  
измерения количества и  
контроля качества нефти

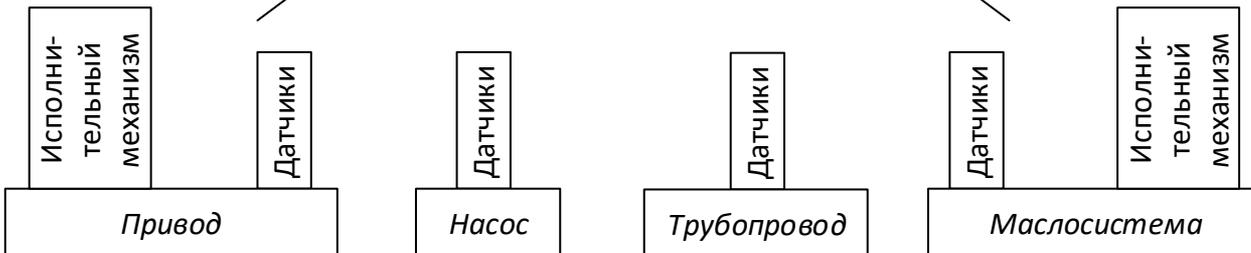
Функциональная схема  
автоматизации по ANSI/ISA-S  
5.1-2009

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	

ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т6А

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бердыев Б. К.		
Провер.		Семенов Н.М.		
Т.контроль				
Н.контроль				
Утв.				

АРМ



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бердыев Б. К.		
Провер.		Семенов Н.М.		
Т.контроль				
Н.контроль				
Утв.				

ФЮРА.425280.005.04

Автоматизированная система  
управления насосным  
агрегатом установки  
измерения количества и  
контроля качества нефти

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	

Схема информационных  
потоков

ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т6А

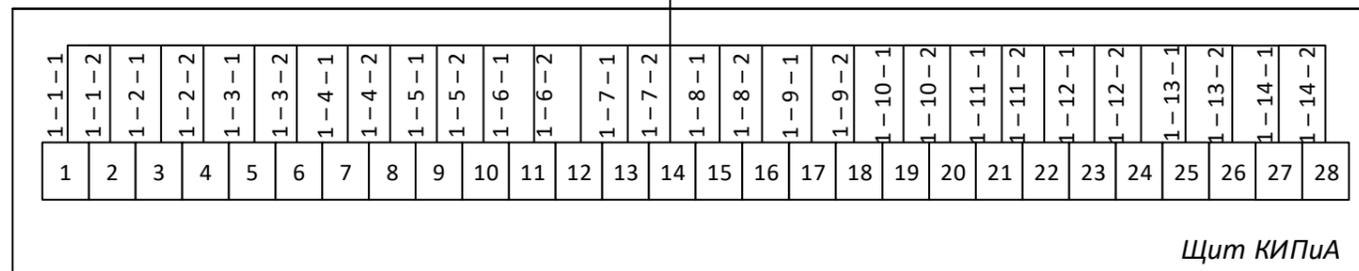
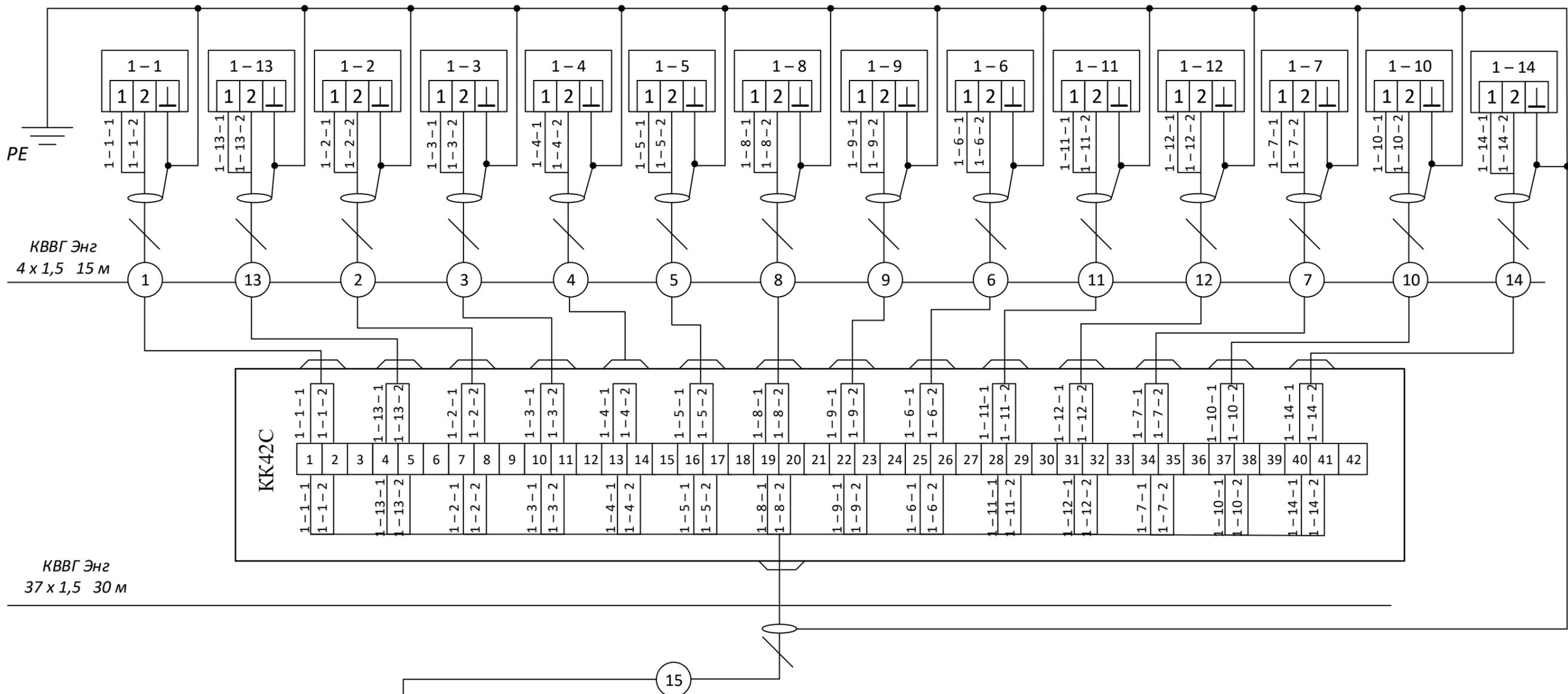
## Приложение Д (справочное)

### Опросный лист для выбора датчиков давления Метран-150

\* - поля, обязательные для заполнения!

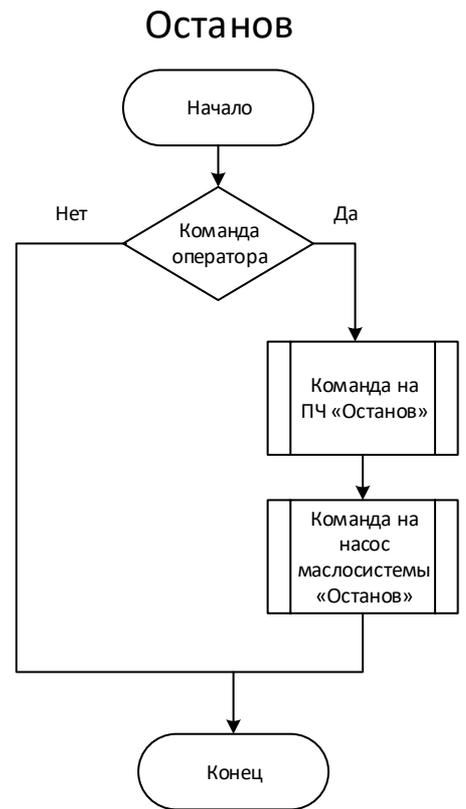
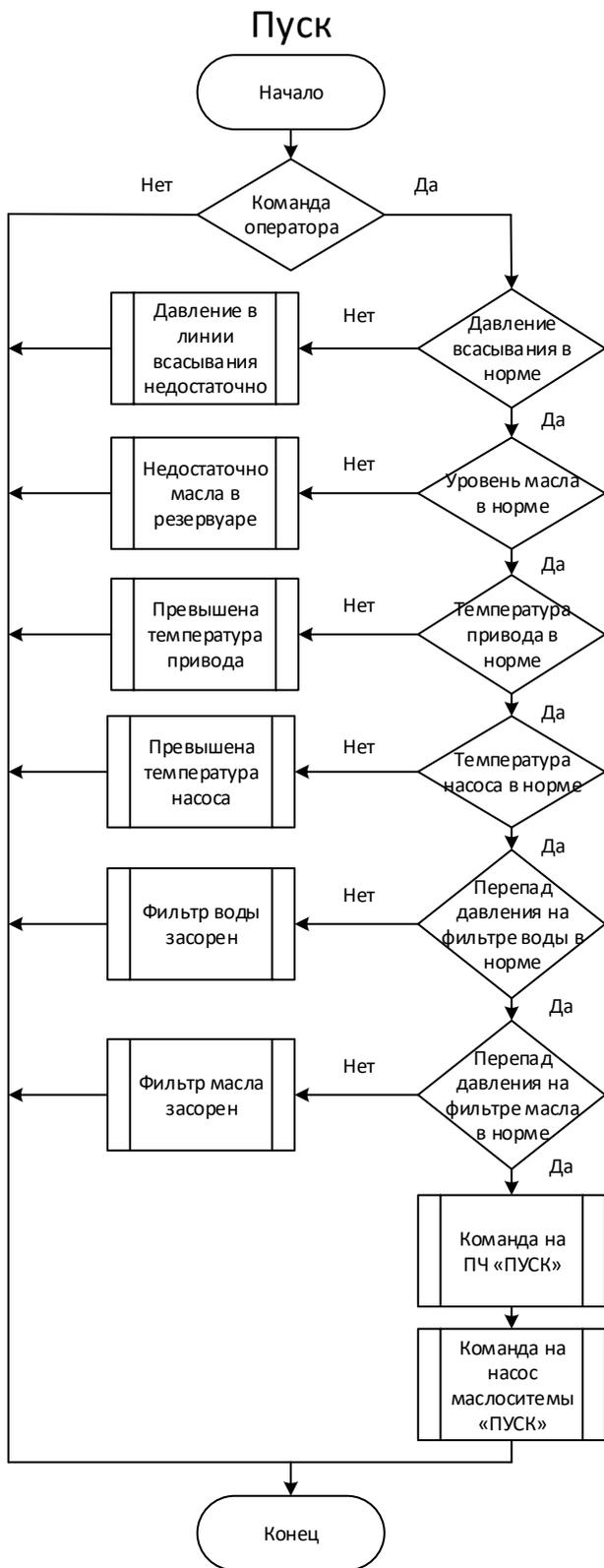
Общая информация		
Предприятие *: ТПУ	Дата заполнения: 15.12.2019	
Контактное лицо *: Бердыев Б. К.	Тел. / факс *: 777-777	
Адрес *: Томск, пр. Ленина 2	E-mail: bbk18@tpu.ru	
Опросный лист № 1	Позиция по проекту: 1	Количество *: 1
Параметр		
Измеряемый параметр *	Избыточное давление <input type="checkbox"/> Абсолютное давление <input checked="" type="checkbox"/> Перепад давления <input type="checkbox"/> Разрежение <input type="checkbox"/> Давление-Разрежение <input type="checkbox"/>	
Измеряемая среда	Вода	
Диапазон измерения (шкала прибора) *	от 0,5 до 25 Мпа	
Требуемая основная приведенная погрешность измерения	0,075%	
Температура окружающей среды	от -55 до 80 °С	
Температура измеряемой среды	от 0 до 80 °С	
Рабочее избыточное давление (для датчиков перепада давления) *		
Требования к датчику		
Выходной сигнал *	<input checked="" type="checkbox"/> 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола <input type="checkbox"/> 0-5 мА <input type="checkbox"/> обратный: <input type="checkbox"/> 20-4 мА <input type="checkbox"/> 5-0 мА <input type="checkbox"/> квадратный корень (только для датчиков перепада давления)	
Резьбовое соединение с технологическим процессом:	<input checked="" type="checkbox"/> M20x1,5 <input checked="" type="checkbox"/> K 1/2" <input type="checkbox"/> K 1/4" <input type="checkbox"/> 1/2"-14 NPT <input type="checkbox"/> 1/4"-18 NPT	<input type="checkbox"/> ниппель с накидной гайкой Материал ниппеля: _____ <input type="checkbox"/> наружная резьба <input checked="" type="checkbox"/> внутренняя резьба
Электрическое подключение	<input type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2PMГ14, розетка 2PM14) <input type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2PMГ22, розетка 2PM22) <input checked="" type="checkbox"/> штепсельный разъем DIN	
	Кабельный ввод:	
	<input checked="" type="checkbox"/> полиамид <input type="checkbox"/> нержавеющая сталь <input type="checkbox"/> не требуется <input type="checkbox"/> никелированная латунь	<input checked="" type="checkbox"/> небронированный кабель <input type="checkbox"/> бронированный кабель
Требования к исполнению датчика		
Исполнение по взрывозащите	<input checked="" type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка (Ex d) <input type="checkbox"/> искробезопасная цепь (Ex i a) <input type="checkbox"/> общепромышленное	
Дополнительные опции		
<input checked="" type="checkbox"/> встроенный ЖК-индикатор <input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для крепления датчика на трубе ø50 мм <input type="checkbox"/> кронштейн для установки датчика на плоской поверхности <input type="checkbox"/> в сборе с клапанным блоком	<input checked="" type="checkbox"/> клапанный блок	Серия ТА Количество вентилей <u>1</u> <input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для крепления клапанного блока на трубе ø50 мм
Поставка датчика с фланцами уровня (ГОСТ 12815, исп. 2), материал – нерж. сталь	<input checked="" type="checkbox"/> Ду50	<input type="checkbox"/> Ду80
Примечания:		

Наименование параметра	Перепад давления		Расход		Ток	Напряжение	Давление			Температура				Уровень	
Место отбора импульса	Фильтр нефти	Фильтр масла	Линия всасывания	Линия отправки	Привод	Привод	Масло	Линия отправки	Линия всасывания	Нефть	Масло	Подшипники привода	Подшипники насоса	Резервуар масла	
Тип датчика	Метран-150 CD	Метран-150 CD	ЭМИС-МАГ 270	ЭМИС-МАГ 270	ДТТ-03Т	ИВА-02	Метран-150 ТА			ТСПУ – 1187		ТСПУ – 1187		ТСПУ – 1187	СКБ-02
Позиция	1 – 1	1 – 13	1 – 2	1 – 12	1 – 4	1 – 3	1 – 9	1 – 11	1 – 6	1 – 5	1 – 8	1 – 7	1 – 10	1 – 14	



				<b>ФЮРА.425280.005.05</b>			
				<b>Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Бердыев Б. К.			У		
Провер.		Семенов Н.М.					
Т.контроль					Лист	Листов	
Н.контроль					ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т6А		
Утв.							

Схема внешних проводов



					ФЮРА.425280.005.06		
					<i>Автоматизированная система управления насосным агрегатом установки измерения количества и контроля качества нефти</i>		
					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	У		
	Разраб.	Бердыев Б. К.					
	Провер.	Семенов Н.М.					
	Т.контроль				Лист	Листов	
	Н.контроль				ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т6А		
	Утв.						