

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы управления резервуарного парка

УДК 681.586.001.63:621.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Журавлев Денис Владимирович			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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



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

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

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич

Тема работы:

**Проектирование автоматизированной системы управления резервуарного парка**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

04.05.2018

№3151/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2018

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объектом исследования является резервуарный парк нефтеперекачивающего месторождения. Режим работы непрерывный. В резервуарном парке производится прием, хранение и отпуск нефтепродуктов

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание технологического процесса</li> <li>2 Выбор архитектуры АС</li> <li>3 Разработка структурной схемы АС</li> <li>4 Функциональная схема автоматизации</li> <li>5 Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6 Выбор средств реализации АС</li> <li>7 Разработка схемы соединения внешних проводок</li> <li>8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>9 Разработка экранных форм АС</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio</li> <li>2 Перечень входных/выходных сигналов ТП</li> <li>3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab</li> <li>6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма</li> <li>7 Дерево экранных форм</li> <li>8 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</li> <li>9 Обобщенная структура управления АС</li> <li>10 Трехуровневая структура АС</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

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

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	26.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Журавлев Денис Владимирович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич		

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

---

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

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018 г.
--	---------------

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Журавлев Денис Владимирович			

СОГЛАСОВАНО:

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

## Реферат

Пояснительная записка содержит 78 страниц машинописного текста, 22 таблиц, 20 рисунков, 1 список использованных источников из 18 наименований, 8 приложений.

Объектом исследования является блок подготовки метанола установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления резервуарным парком с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Yokogawa CENTUM CS 3000, с применением SCADA-системы GENESIS32

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

Ключевые слова: автоматизация, ПЛК, SCADA, АСУ ТП, КИПиА, нефтеперекачивающая станция, резервуарный парк.

## Содержание

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	9
Введение.....	11
Объект и методы исследования. Техническое задание .....	12
1.1 Основные задачи и цели создания системы.....	12
1.2 Требования к техническому обеспечению.....	12
1.3 Требования к метрологическому обеспечению.....	13
1.4 Требования к программному обеспечению .....	14
1.5 Требования к информационному обеспечению .....	14
1.6 Требования к математическому обеспечению.....	15
2 Основная часть .....	16
2.1 Описание технологического процесса .....	16
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	17
2.3 Функциональная схема автоматизации.....	19
2.4 Разработка схемы информационных потоков РП .....	20
2.5 Выбор средств реализации РП .....	23
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования РП.....	23
2.5.2 Выбор датчиков.....	24
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов .....	34
2.6 Разработка схемы внешних проводок .....	37
2.7 Выбор алгоритмов управления АС РП.....	37
2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений .....	38
2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования.....	38
2.8 Экранные формы АС РП.....	42
2.8.1 Разработка дерева экранных форм.....	43
2.8.2 Разработка экранных форм АС РП.....	43

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	47
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
3.2 Анализ конкурентных технических решений .....	48
3.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	50
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	50
3.4 Разработка графика проведения научного исследования .....	51
3.5 Бюджет научно-технического исследования.....	53
3.5.1 Расчет материальных затрат.....	53
3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование.....	53
3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	54
3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	55
3.5.5 Накладные расходы.....	55
3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	56
3.5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	56
4. Социальная ответственность .....	61
4.1. Надежность контроллера.....	62
4.2. Надежность датчиков.....	63
Заключение .....	68
Список используемых источников .....	69

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Определения

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Обозначения и сокращения**

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

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

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

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

IP (International Protection) – Степень защиты;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА– контрольно-измерительные приборы и автоматика;

## Введение

На сегодняшний день разработка автоматизированных систем управления является неотъемлемой частью любого производства. Применение АСУ ТП в нефтегазовой отрасли помогает снизить стоимость нефтепродуктов, уменьшить использование энергоресурсов, а также снизить затраты на технический персонал.

Основное назначение резервуарного парка – это приём и хранение нефти. Автоматизация управления резервуарным парком поможет значительно уменьшить работу технического персонала, снизить затраты на ремонт оборудования за счёт увеличения межремонтного периода, а также увеличить качество нефтепродуктов, за счёт постоянного контроля за технологическими процессами, автоматизированное управление оборудованием и аппаратурой, а также быстрому устранению возникших неполадок системы или в случае аварийных ситуаций.

Важнейшими параметрами при подготовке нефти являются уровень нефти в резервуарах, давление в трубопроводе, а также температура. Автоматизация позволяет следить за данными показателями с помощью современных полевых датчиков и программируемых локальных контроллеров, а также позволяет регулировать эти параметры с помощью исполнительных механизмов.

Целями выпускной квалификационной работы является умение выполнять проекты автоматизированной компьютерной системы управления, выбирать и использовать технические и программные средства, математический аппарат и программное обеспечение при проектировании автоматизированных систем управления SCADA. Знание физических основ работы устройств АС, протоколов и интерфейсов систем автоматизации технологических процессов, требований ГОСТ по разработки технической документации проектов АС. Получение профессиональных навыков при разработке конструкторско-технической документации в электронной форме и использовании интернет ресурсов для поиска проектных решений.

## **Объект и методы исследования. Техническое задание**

### **1.1 Основные задачи и цели создания системы**

Резервуарный парк предназначен для приёма, хранения нефтепродуктов и их дальнейшей отгрузкой.

Задачи, которые решаются с помощью АСУ РП:

- удаленный контроль наполнения и опорожнения резервуаров
- удаленное управление задвижками на приемных и нагнетательных трубопроводах
- контроль параметров, обеспечивающих учет хранимой в резервуарах нефти
- удаленное управление насосами

Внедрение автоматизации позволяет решить целый ряд вопросов:

- сокращение затрат человеческого труда;
- повышение экономических показателей за счет более точного поддержания параметров и отсутствия аварийных ситуаций;
- управление системой при повышенной концентрации взрывоопасных газов;
- максимально возможный, точный учет нефти;
- обнаружение неполадок и предотвращение аварий.

### **1.2 Требования к техническому обеспечению**

В разрабатываемом проекте автоматизации резервуарного парка необходимо использовать датчики и исполнительное оборудования, отвечающее условиям эксплуатации.

Технические средства должны обеспечивать построение трехуровневой системы, которая должна включать в себя:

- полевые датчики и исполнительные механизмы, обеспечивающие стандартный сигнал на выходе 4...20 мА с HART протоколом, иметь степень пылевлагозащиты не менее IP56, обеспечивать корректную работ при температурах

окружающей среды от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . При этом внешние части используемого оборудования, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайных прикосновений и иметь заземление. Все датчики и исполнительные элементы должны быть устойчивыми к воздействию агрессивных сред, а также соответствовать требованиям пожаро- и взрывобезопасности.

- микропроцессорные программируемые логические контроллеры с необходимым количеством входов и выходов и имеющие модульную структуру;
- автоматизированные рабочие места на базе персонального компьютера с монитором, клавиатурой и печатающим устройством.

АРМ оператора должен быть рассчитан на круглосуточную работу, должен включать в себя источник резервного питания, лазерный принтер, поддерживать работу в сети Ethernet; иметь производительность, достаточную для работы программного обеспечения; иметь цветной графический дисплей, достаточный для отображения мнемосхем, иметь акустическую систему достаточной мощности для вывода речевых сообщений и звуковых сигналов;

### 1.3 Требования к метрологическому обеспечению

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

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к погрешности измерительных каналов

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Температура	$\pm 0,5\%$
2	Давление	$\pm 0,1\%$
3	Уровень	$\pm 3\text{мм}$
4	Расход	$\pm 0,1\%$

## **1.4 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение автоматизированной системы должно состоять из:

- системное программное обеспечение, которое должно поддерживать выполнение следующих функций: разработку и ведение по сигналам входа/выхода, разработка и отображение мнемосхем, настройка алгоритмов регулирования и управления, создание отчётов;
- инструментальное программное обеспечение, которое должно включать технологические языки программирования и средства их разработки (компиляторы, программаторы и т.д.);
- общее прикладное программное обеспечение, должно обеспечивать выполнение стандартных функций на соответствующем уровне;
- специальное прикладное программное обеспечение, должно обеспечивать выполнение расчётов, специальных алгоритмов управления.

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

## **1.5 Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение должно реализовывать следующие функции:

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

- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

Информационного обеспечения должно состоять из:

- отчётные электронные документы;
- распределенная база данных;
- средства для управления базами данных.

### **1.6 Требования к математическому обеспечению**

Алгоритмы системы должны определяться на стадии проектирования системы и обеспечивать регламентированный режим работы и безаварийную остановку РП, а также снижение или исключение возможности ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса. Алгоритмы системы должны разрабатываться на основе утвержденного технологического регламента.

## **2 Основная часть**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Функциональная схема резервуарного парка приведена в приложении А.

Резервуарные парки предназначены для надежной и постоянной перекачки нефти, с целью обеспечения бесперебойной работы технологического процесса. Резервуарным парком называется комплекс взаимосвязанных резервуаров для выполнения технологических операций приема, хранения и перекачки нефти. Резервуарные парки служат для получения нефти от нефтедобывающих предприятий для учета объёма нефти, поддержания заданных свойств и качеств нефти, а также для регулирования неравномерности приема-отпуска нефти.

Нефть поступает в резервуарный парк с коммерческого узла учета нефти. При этом открывается задвижка К1. Оборудование резервуара вертикального стального (РВС-5000) позволяет производить отбор нефти со стояков в 7, 4, 0.5м через задвижки К3-1, К3-2 и К3-3 соответственно на насосы перекачки нефти и через задвижки К2-1 и К2-2 на РВС-3000.

В системе предусмотрен клапан дыхательный совмещенный (КДС-1500), который предназначен для герметизации газового пространства резервуара и регулирования давления в этом пространстве в заданных пределах.

Насосные агрегаты имеют параллельную схему соединения, поэтому все насосные агрегаты имеют общие коллекторы, как приёмные, так и напорные. При нормальном режиме работы два насосных агрегата находятся в работе, третий – в резерве.

Для регулирования давления на входе насосного агрегата используется регулятор К4 так, чтобы давление не опускалось меньше заданного исходя из условия кавитации насосного агрегата, так как при уменьшении давления ниже заданного в трубопровод начнёт поступать газ, который может привести к разрушению и остановке насосов.

Для регулирования давления на выходе насосов используется регулятор давления К8. Давление на выходе не должно превышать заданное, согласно прочности трубопровода, и не должно быть ниже давления необходимого на входе системы ББК, согласной условиям кавитации насоса.

Для отключения насосного агрегата от нефтепровода в случае возникновения неисправности или аварийной установки предназначены задвижки К5-1 и К5-2 на всасывании и нагнетания каждого насоса.

## **2.2 Разработка структурной схемы АС**

По признакам информационного обмена структура АСУ ТП резервуарного парка относится к иерархической 3-хуровневой.

Автоматизированная система управления технологическим процессом имеет трёхуровневую схему, которая представлена в приложении Б.

Каждый из уровней представляет собой следующее:

1) Нижний уровень.

К нижнему уровню автоматизации относятся:

- Первичные средства измерения и датчики технологических параметров;
- Местные показывающие приборы;
- Исполнительные механизмы;
- Аппаратура местного управления и сигнализации.

Приборы и датчики нижнего уровня размещаются непосредственно на технологическом оборудовании.

2) Средний уровень. Он состоит из локального контроллера, осуществляющий управление в реальном времени технологическим процессом, обеспечивающий поддержание заданных режимов работы, а также сбор данных с объектов контроля.

3) Верхний уровень. На верхнем уровне расположен концентратор роль которого выполняет коммуникационный контроллер, а также рабочие

компьютеры операторов АСУ с операционной системой Windows 7 и установленной SCADA системой Genesis32 и сервера баз данных.

Обобщенная структура управления АС приведена в приложении В.

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

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

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

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

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

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

взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации является основным техническим документом, определяющим структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами контроля и управления. На схеме показывают с помощью условных обозначений:

- основное технологическое оборудование;
- коммуникации потоков жидкостей, газов и пара
- приборы и средства автоматизации

В функциональных схемах автоматизации, последовательности буквенных обозначений должно быть следующей:

1. обозначение основной измеряемой величины;
2. обозначение, дополнительное (уточняющее основную) измеряемую величину;
3. обозначение функционального признака прибора.

Функциональная схема автоматического контроля и управления предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

При создании функциональной схемы определяют:

- целесообразный уровень автоматизации технологического процесса;
- принципы организации контроля и управления технологическим процессом;
- технологическое оборудование, управляемое автоматически, дистанционно или в обоих режимах по заданию оператора;
- перечень и значения контролируемых и регулируемых параметров;
- методы контроля, законы регулирования и управления;

- объем автоматических защит и блокировок автономных схем управления технологическими агрегатами;
- комплект технических средств автоматизации, вид энергии для передачи информации;
- места размещения аппаратуры на технологическом оборудовании, на щитах и пультах управления.

В соответствии с заданием разработана функциональная схема автоматизации по ГОСТ 24.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов». Функциональная схема автоматизации приведена в приложении Г.

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

Схема информационных потоков состоит из трёх уровней:

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

На нижнем уровне представлена информация с физических устройств ввода и вывода, которая включает данные аналоговых и дискретных сигналов, а также данные о вычислении и преобразовании.

На среднем уровне представлена буферная база данных, являющаяся приёмником, который запрашивает данные от внешних систем и их источников. Средний уровень является маршрутизатором между системами автоматизации и экранными формами оператора АСУ. На данном уровне программируемый локальный контроллер формирует пакетные потоки информации из данных, полученных с нижнего уровня. Контроллеры верхнего и среднего уровня между собой соединяются через сеть Ethernet.

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

- уровень нефти в резервуаре, мм,

- температура нефти в резервуаре, °С,
- давление нефти в резервуаре, МПа,
- уровень загазованности в резервуаре, %,
- давление на входе в НС, МПа,
- уровень загазованности в НС, %,
- давление на выходе НС, МПа,
- температура обмоток двигателя Н-1, °С,
- вибрация корпуса двигателя Н-1, мм/с,

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

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD,

где:

- 1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
  - DAV – давление;
  - TEM – температура;
  - URV – уровень;
  - VIB – вибрация;
  - GAS – загазованность;
- 2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
  - NA1 – насосный агрегат Н-1;
  - NA2 – насосный агрегат Н-2;
  - NA3 – насосный агрегат Н-3;
  - REZ – резервуар;
  - NAS – насосная система;
- 3) CCCC – уточнение, не более 4 символов:
  - NEFT – нефть;
  - KORP – корпус двигателя;

- OBM – обмотки двигателя;
  - VHOD – вход НС;
  - VYHD – выход НС;
  - SHEL – корпус насоса;
- 4) DDDDD – примечание, не более 5 символов:
- UPR – регулирование;
  - AVARH – верхняя аварийная сигнализация;
  - AVARL – нижняя аварийная сигнализация;
  - PREDH – верхняя предупредительная сигнализация;
  - PREDL – нижняя предупредительная сигнализация;

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

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в SCADA-системе

Кодировка	Расшифровка кодировки
URV_REZ_NEFT	Уровень нефти в резервуаре
URV_REZ_NEFT_PREDL	Нижний уровень нефти в резервуаре
URV_REZ_NEFT_AVARL	Нижний аварийный уровень нефти в резервуаре
URV_REZ_NEFT_PREDH	Верхний уровень нефти в резервуаре
URV_REZ_NEFT_AVARH	Верхний аварийный уровень нефти в резервуаре
TEM_REZ_NEFT	Температура нефти в резервуаре
DAV_NAS_VHOD	Давление на входе НС
DAV_NAS_VYHD	Давление на выходе НС
VIB_NA1_KORP	Вибрация корпуса двигателя Н-1
DAV_NAS_VYHD_UPR	Управление задвижкой на выходе НС
DAV_REZ_NEFT	Давление нефти в резервуаре
GAS_REZ_NEFT	Загазованность в резервуаре
GAS_NAS_SHEL	Загазованность в НС
TEM_NA1_OBM	Температура обмоток двигателя насоса

## 2.5 Выбор средств реализации РП

### 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования РП

В ходе выполнения выбора контроллерного оборудования для управления резервуарным парком рассмотрены контроллеры: ОВЕН ПЛК110, Siemens SIMATIC S7-400, Yokogawa CENTUM CS 3000.

В основе системы автоматизированного управления резервуарным парком будем использовать два ПЛК Yokogawa, т.к. данный контроллер удовлетворяет техническому заданию, а именно имеет модули ввода/вывода дискретные и аналоговые, имеет возможность наращивания до 2048 точек, имеет возможность замены на горячую, при этом экономические показатели гораздо ниже других рассмотренных. CENTUM CS 3000 (рисунок 1) (первый контроллер – локальный, а второй – коммуникационный). Связь между локальным контроллером и контроллером верхнего уровня (коммуникационным) осуществляется на базе интерфейса Ethernet.



Рисунок 1 – Контроллер Yokogawa. CENTUM CS 3000

Контроллер может обрабатывать большое количество полевых данных (данных КИП) с удобными скоростями, которые полностью удовлетворяют потребностям эры цифровых КИП. Контроллер имеет 64 канала входа/выхода, при этом имеет модульную структуру и в случае необходимости всегда может быть расширен.

Контроллер CENTUM обладает выдающимися показателями обработки данных и большой емкостью для хранения приложений, унаследовав при этом

качество и стабильность работы. Процессорные модули, источники питания, модули в/в и шины связи – все поддерживают резервированные конфигурации.

Самый последний выпуск контроллера был оптимизирован, чтобы полностью реализовать преимущества достижений в области технологии цифровых КИП, что поможет предприятию работать с повышенной эффективностью и стабильностью.

Контроллер Yokogawa. CENTUM CS 3000 обеспечивает:

- сбор, хранение и анализ данных технологического процесса;
- безопасное ведение технологических процессов;
- решение задач оптимального управления;
- устойчивость процессов регулирования и оптимизации;
- управление периодическими процессами;
- взаимодействие с подсистемами верхнего и нижнего уровня

практически по любым промышленным стандартным протоколам.

## **2.5.2 Выбор датчиков**

### **2.5.2.1 Выбор уровнемера**

В процессе перекачки нефти в резервуарный парк необходимо постоянно осуществлять контроль над уровнем нефти в резервуаре.

В ходе выполнения выбора датчика уровня рассмотрены датчики: ОВЕН ПДУ-И, Rosemount 5400, Kobold NUS-R-4.

Для контроля за уровнем необходимо использовать наиболее точный уровнемер, поэтому в проекте будем использовать ультразвуковой уровнемер Kobold NUS-R-4. Ультразвуковой уровнемер Kobold NUS-R-4 (рисунок 2) предназначен для бесконтактного непрерывного измерения уровня и объема в резервуарах или измерения расхода в открытых каналах.

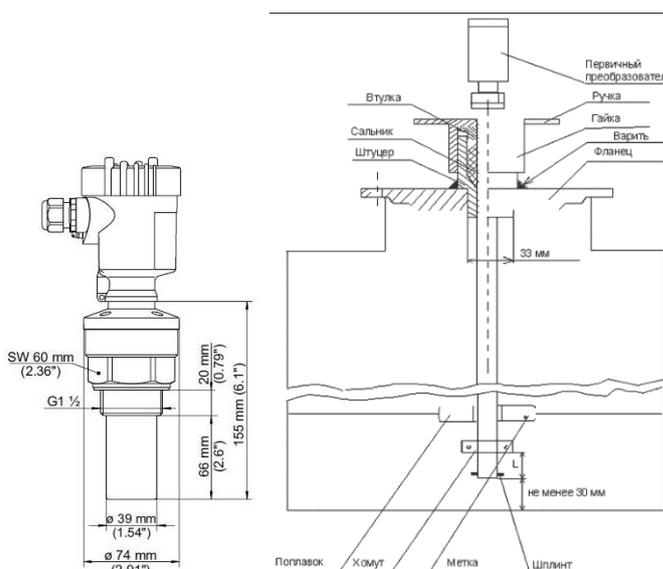


Рисунок 2 – Ультразвуковой уровнемер Kobold NUS-R-4

Технология ультразвукового измерения основана на принципе измерения времени, необходимого для прохождения ультразвуковых импульсов от сенсора до поверхности измеряемой среды и обратно. Сенсор излучает серию ультразвуковых импульсов и принимает отражаемое эхо. Электроника оценивает время прохождения эхо импульса и вычисляет уровень. Электроника располагается компактно в корпусе прибора. Для удаленной передачи информации уровнемер имеет аналоговый выход, а для контроля и сигнализации есть релейный выход. В таблице 2 представлены технические характеристики уровнемера.

Таблица 2 – Характеристика уровнемера Kobold NUS-R-4

Техническая характеристика	Значение
Диапазон измерений	до 10 м
Разрешающая способность	2 мм
Давление рабочей среды	до 3 МПа
Температура окружающей среды	-50 ... +70 °С
Температура рабочей среды	-30 ... +90 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с протоколом HART
Степень защиты	IP 68

Требуемое измерение *		Требования к уровнемеру	
<input checked="" type="checkbox"/> Уровень		Погрешность: <input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Встроенный дисплей
<input type="checkbox"/> Раздел фаз		Тип взрывозащиты *: <b>Искробезопасное</b>	
<input type="checkbox"/> Объем		<b>Информация:</b> 4-20мА + HART	
Плотность: <input type="text"/>	Вязкость: <input type="text"/>	Материал корпуса: <b>Нерж. сталь</b>	Длина: <input type="text"/>
Адрес: <input type="text"/>		Кабельный ввод: <b>1/2-14 NPT</b>	Тел./ факс: <input type="text"/> e-mail: <input type="text"/>
Предпочтительный тип уровнемера			
<input type="checkbox"/> Бесконтактный радарный	<input checked="" type="checkbox"/> Волноводный радарный	<input type="checkbox"/> Ультразвуковой	Количество: <input type="text"/>
Позиция ( Tag ) : <input type="text"/>			
Информация о процессе			
Наименование процесса *: <b>Наполнение уровня резервуара</b>			
Измеряемая среда *: <b>нефть</b>		Агрессивность среды: <b>Агрессивная</b>	
Диэлектрическая проницаемость:	<input type="checkbox"/> 1,6 - 2	<input checked="" type="checkbox"/> 2 - 3	<input type="checkbox"/> 3 - 10 <input type="checkbox"/> >10
Температура процесса *: Мин. <b>20</b>	Норм. <b>50</b>	Макс. <b>70</b>	°C
Температура окружающей среды: Мин. <b>-40</b>	Норм. <b>15</b>	Макс. <b>35</b>	°C
Давление процесса *: Мин. <b>50</b>	Норм. <b>100</b>	Макс. <b>200</b>	атм
Плотность среды: <input type="text"/> кг/м <sup>3</sup>	Вязкость: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> сР <input type="checkbox"/> сСт	<input type="checkbox"/> _____ при температуре: <input type="text"/> °C
Турбулентность: <input type="text"/>	Причина турбулентности: <input type="text"/>		
Примерное колебание уровня из-за турбулентности: <input type="text"/> мм			
Скорость изменения уровня при наливе: <input type="text"/> мм/с	Скорость изменения уровня при сливе: <input type="text"/> мм/с		
<b>Какие из следующих характеристик имеет измеряемая среда? (отметить все, что имеет место)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Насыщена пузырьками газа (азирована)	<input type="checkbox"/> Может обволакивать смачиваемые детали		
<input type="checkbox"/> Многофазная жидкость (заполнить таблицу ниже)	<input checked="" type="checkbox"/> Пары могут обволакивать не смачиваемые поверхности		
<input type="checkbox"/> Возможна кристаллизация / <input type="checkbox"/> налипание	<input type="checkbox"/> Имеется твердый осадок		
<b>Объем над жидкостью имеет (отметьте все, что имеет место):</b>			
<input type="checkbox"/> Пары продукта	<input type="checkbox"/> легкие / <input checked="" type="checkbox"/> тяжелые	<input type="checkbox"/> Подушку инертного газа	
<input type="checkbox"/> Пыль	<input type="checkbox"/> Конденсацию на поверхностях		
Пена: <input type="text"/>	Примерная толщина слоя: <input type="text"/> мм		

**Какие категории точнее всего описывают пену в данном случае?**

Легкая пена, большие пузыри, обилие воздуха (пример: пена от пробулькивания воздуха через среду).

Смесь плотной и легкой пены. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: пена в стакане пива).

Плотная пена, маленькие пузырьки. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: крем для бритья).

**Тип установки/монтажа**

на резервуар \*  на камере  Только на боковых применениях \*  открытое пространство \*

Важный элемент: диаметр успокоительной трубы указывать **в миллиметрах** (примечание: «Диаметр успокоительной трубы указывать в миллиметрах»)

Диэлектрическая проницаемость верхнего продукта:  Нет (только значение!)  Монтаж только сверху (точное значение!)  Монтаж только сбоку

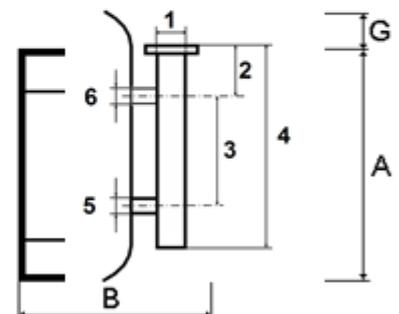
Диэлектрическая проницаемость нижнего продукта:  Нет (только значение!)  Монтаж только сверху (точное значение!)  Монтаж только сбоку

Толщина слоя верхнего продукта: от \_\_\_\_\_ мм / до \_\_\_\_\_ мм

\* - Поля для обязательного заполнения

**Геометрические размеры выносной камеры**

<b>A.</b> Диаметр резервуара / байпаса:	_____ ММ
<b>B.</b> Расстояние резервуара до оси отвода:	_____ ММ
<b>C.</b> Минимальный уровень (диапазон измерений)	_____ ММ
<b>D.</b> Высота камерный уровень:	_____ ММ
<b>E.</b> Диаметр верхнего отбора:	_____ ММ
<b>F.</b> Длина отвода патрубка от стенки:	_____ ММ
Материал резервуара: * <b>сталь</b>	
Материал камеры: * _____	



**Технологическое соединение с процессом, верхний патрубок (G)**

<b>Фланцевое присоединение</b>	<b>Резьбовое присоединение</b>
--------------------------------	--------------------------------

### 2.5.2.1 Выбор датчика-сигнализатора уровня

При высоких скоростях заполнения резервуара на него необходимо устанавливать сигнализаторы предельного уровня, которые сообщают о наполнении резервуара. Такой сигнал будет использоваться для автоматического выключения насосов, а также открывания и закрывания задвижек на трубопроводах. Помимо сигнализатора для подачи аварийного сигнала о переполнении, предусмотрены сигнализаторы уровня, сообщающие предупреждения о достижении нижних и верхних уровней нефти в резервуаре.

В ходе выполнения подбора сигнализатора уровня рассмотрены датчики: ОВЕН ДС, Rosemount 2120, Kobold NQ-1000.

В качестве датчика-сигнализатора уровня будем использовать ультразвуковой сигнализатор уровня Kobold NQ-1000 (рисунок 3). Ультразвуковой переключатель уровня NQ-1000 производства KOBOLD является маленьким и компактным уровнемером для работы в емкостях и трубопроводах в целях мониторинга жидкостей. Прибор контролирует практически все однородные жидкости, независимо от их вязкости, плотности и проводимости.

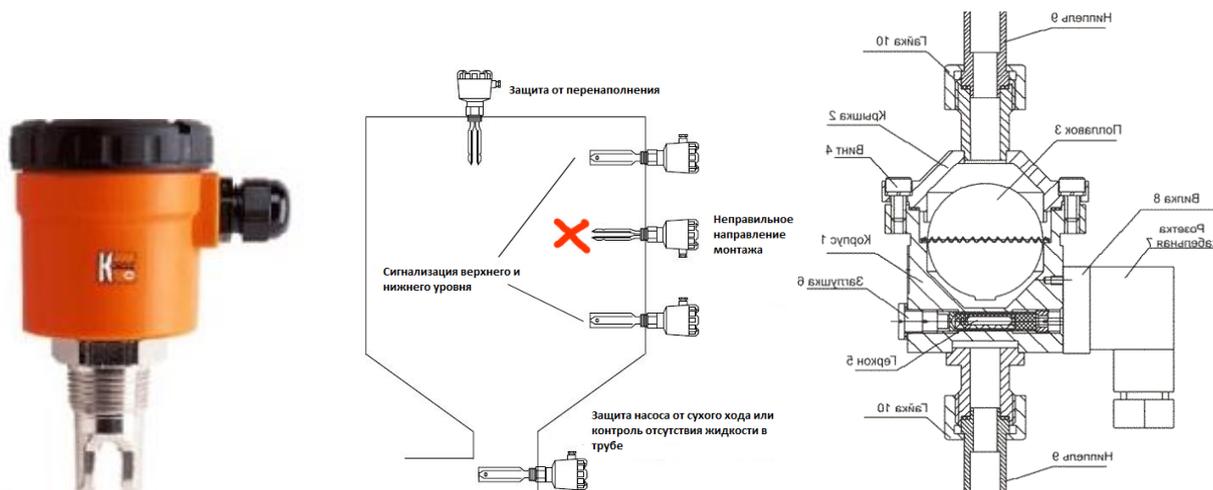


Рисунок 3 – ультразвуковой сигнализатор уровня Kobold NQ-1000

Преимущества:

- Очень короткий чувствительный элемент (всего 35 мм от конца резьбы)
- Защита от интерференции с помощью низкочастотных колебаний
- Компактный дизайн
- Двух- или трехпроводное присоединение
- Отсутствие движущихся частей
- Можно установить в любой ориентации
- Нечувствителен к вязкости
- Индикация состояния выхода

Технические характеристики сигнализатора уровня Kobold NQ-1000 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики Kobold NQ-1000

Техническая характеристика	Значение
Погрешность измерения	1 мм
Давление рабочей среды	до 7 МПа
Температура окружающей среды	-40 ... +50 °С
Температура рабочей среды	-40 ... +125 °С
Корпус	армированный стекловолоконный полиамид
Степень защиты	IP 67

### 2.5.2.3 Выбор датчика давления и расхода

В процессе перекачки нефти необходимо постоянно следить, чтобы давление не превышало заданное.

В качестве датчиков давления и расхода рассмотрены следующие датчики: Rosemount 3095MFC, Yokogawa EJA-E, Kobold PAD-R.

Для измерения давления и расхода будем использовать датчик давления EJA-E от компании Yokogawa (рисунок 4). Yokogawa EJA-E – это высокоэффективные многопараметрические преобразователи давления с чувствительным элементом из монокристаллического кремния, используемые для измерения давления, расхода жидкости, газа и пара.



Рисунок 4 – Yokogawa EJA-E

В датчиках давления YOKOGAWA реализована технология DPcapr, позволяющая одновременно измерять дифференциальное и статическое давление. Данная технология исключает необходимость в использовании дополнительных датчиков давления.

Технические характеристики датчика давления и расхода представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики Yokogawa EJA-E

Техническая характеристика	Значение
Погрешность измерения	±0,04 %
Давление рабочей среды	до 10 МПа
Температура окружающей среды	-50 ... +50 °С
Температура рабочей среды	-40 ... +125 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с функцией цифровой связи по HART-протоколу;
Степень защиты	IP 67

**Опросный лист для выбора датчиков давления**

\* - поля, обязательные для заполнения!

Общая информация		
Предприятие *: ТПУ	Дата заполнения:	
Контактное лицо *: Шахматов В.	Тел. / факс *:	
Адрес *:	E-mail:	
Опросный лист №	Позиция по проекту:	Количество *:
Параметры процесса		
Измеряемый параметр *	<input checked="" type="checkbox"/> Избыточное давление <input type="checkbox"/> Абсолютное давление <input type="checkbox"/> Разность давлений	<input type="checkbox"/> Разрежение <input type="checkbox"/> Давление-Разрежение
Измеряемая среда	нефть	
Диапазон измерения (шкала прибора) *	от 0 до 5,5 МПа	
Требуемая основная приведенная погрешность измерения		
Температура окружающей среды	от -50 до +50 °С	
Температура измеряемой среды	от -45 до +45 °С	
Рабочее избыточное давление (для датчиков разности давлений) *		
Выходной сигнал *	<input checked="" type="checkbox"/> 4-20 мА + HART <input type="checkbox"/> 0-5 мА	<input type="checkbox"/> обратный <input type="checkbox"/> квадратный корень (только для датчиков разности давлений)
Соединение с технологическим процессом *	Резьбовое подключение	
	<input checked="" type="checkbox"/> M20x1,5 <input type="checkbox"/> K 1/2" <input type="checkbox"/> 1/2"-14 NPT <input type="checkbox"/> K 1/4" <input type="checkbox"/> 1/4"-18 NPT	<input type="checkbox"/> ниппель с накидной гайкой материал ниппеля: _____ <input checked="" type="checkbox"/> наружная резьба <input type="checkbox"/> внутренняя резьба
	Фланцевое соединение, ГОСТ 12815-80 исполнение 2	
	<input type="checkbox"/> DN 50 <input type="checkbox"/> DN 80 <input type="checkbox"/> другое (сборка с разделительной мембраной 1199)	<input type="checkbox"/> PN 6 (только для DN 50) <input type="checkbox"/> PN 40
Электрическое подключение	Описание соединения	
	<input type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2PM14, розетка 2PM14) <input type="checkbox"/> электрический разъем (вилка 2PM22, розетка 2PM22) <input type="checkbox"/> штексельный разъем DIN	
	Кабельный ввод	
	<input type="checkbox"/> никелированная латунь <input checked="" type="checkbox"/> нержавеющая сталь <input type="checkbox"/> полиамид	<input type="checkbox"/> небронированный кабель <input checked="" type="checkbox"/> бронированный кабель
Требования к исполнению датчика		
Исполнение по взрывозащите	<input type="checkbox"/> взрывонепр. оболочка (Ex d) <input type="checkbox"/> искробезопасная цепь (Ex ia)	<input checked="" type="checkbox"/> комбинированное (Ex ia и Ex d) <input type="checkbox"/> общепромышленное
Дополнительные опции		
<input checked="" type="checkbox"/> встроенный ЖК-индикатор <input type="checkbox"/> кнопки для конфигурирования	<input checked="" type="checkbox"/> клапанный блок	<input type="checkbox"/> в сборе с клапанным блоком серия _____
<input type="checkbox"/> кронштейн для крепления датчика на трубе ø50 мм <input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для установки датчика на плоской поверхности		количество вентилей 2
<input checked="" type="checkbox"/> гарантия 5 лет		<input checked="" type="checkbox"/> кронштейн для крепления клапанного блока на трубе ø50 мм
<input checked="" type="checkbox"/> дополнительная маркировочная табличка на проволоке		
Примечания:		

### 2.5.2.4 Выбор датчика температуры

В результате подбора датчика температуры предложены следующие датчики: Метран-274, Kobold TWD-R, Yokogawa YTA 70.

Для измерения температуры в резервуаре с нефтью и насосного агрегата используется датчик температуры Kobold TWD-R (рисунок 5).

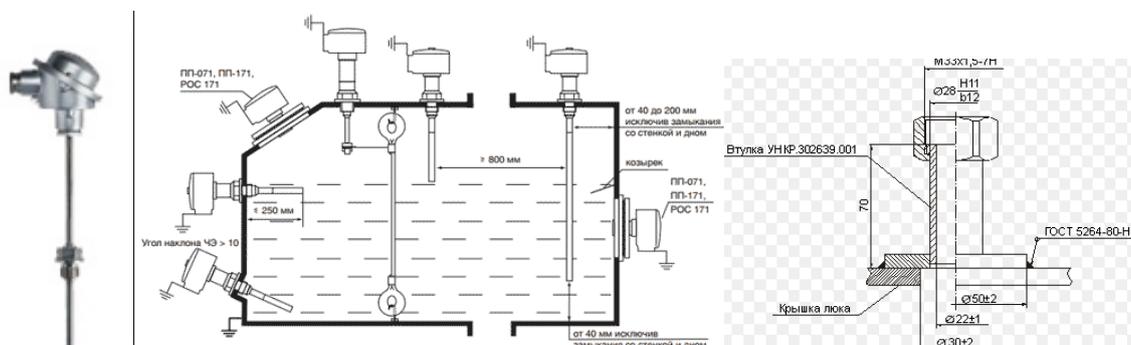


Рисунок 5 – Датчик температуры Kobold TWD-R

Термометры сопротивления TWD-R производства компании KOBOLD состоят из ударопрочного установочного фитинга из нержавеющей стали, имеющего резьбовое или фланцевое присоединение, соединительной головки из литого алюминия и сменного чувствительного элемента. Заменить чувствительный элемент можно без остановки технологического процесса.

Технические характеристики датчика температуры представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики Kobold TWD-R

Техническая характеристика	Значение
Погрешность измерения	$\pm 0,25$ %
Давление рабочей среды	до 5 МПа
Температура окружающей среды	-40 ... +50 °С
Температура рабочей среды	-80 ... +600 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с HART-протоколом;
Степень защиты	IP 68

### 2.5.2.5 Выбор датчика загазованности

Измерение загазованности будем осуществлять с помощью газосигнализатора СИГМА-03.

Газоанализаторы универсальные СИГМА-03 (рисунок 6) предназначены для непрерывного измерения концентрации токсичных газов, взрывоопасных и

горючих газов в воздухе рабочей зоны и в окружающей среде, сигнализации (световой и звуковой) о превышении заданных уровней концентраций, формирования и выдачи сигналов управления внешними устройствами, архивирования полученных результатов.



Рисунок 6 – Газоанализаторы универсальные СИГМА-03

Газоанализатор представляет собой стационарный, многоканальный, многоблочный газоанализатор непрерывного действия с конвекционной подачей анализируемой среды, состоящий из отдельных блоков и модулей, соединенных в локальную измерительную сеть. Газоанализатор имеет выходной аналоговый токовый сигнал 4...20 мА, пропорциональный измеряемому значению концентрации газов или паров. Информация выражается в процентах нижнего концентрационного предела распространения пламени (% НКПР) для взрывоопасных газов, мг/м<sup>3</sup> для токсичных газов и объёмных процентах для кислорода.

Функции:

- точечный контроль загазованности на расстоянии до 1000 метров;
- световая сигнализация при достижении предельных концентраций совокупности компонентов от 0 до 100% НКПР;
- формирование двух порогов сигнализации Порог 1, Порог 2, значения которых задаются программно;
- отключение питания датчика при достижении предельной концентрации загазованности во избежание выхода из строя (продление срока службы датчика)

- выдача пропорционально загазованности аналогового сигнала (4-20 мА) и информации по интерфейсу RS-485 с протоколом Modbus RTU;
- наличие встроенных и внешних портативных средств калибровки и диагностики, обеспечивающих повышенную комфортность внедрения на объекте.

### 2.5.2.6 Выбор датчика вибрации

Для всех механизмов, содержащих движущиеся массы, характерно наличие вибрации, которая при превышении допустимых значений приводит, в лучшем случае, к преждевременному износу механизма, в худшем – к невосстанавливаемому отказу или аварии. Избежать нежелательных ситуаций позволяют системы контроля, использующие информацию датчиков вибрации.

Для измерения вибрации корпуса двигателя насосного агрегата будем использовать датчик вибрации Monitran M1100I Series, изображенный на рисунке 7. Это искробезопасный промышленный датчик вибрации, соответствующий стандартам АTEX и IECEx, группа I и II. Он применяется в общей промышленности, в компрессорах и насосах, в нефтяной, нефтехимической и горнодобывающей промышленности. Технические характеристики приведены в таблице 6:

Таблица 6 – Технические характеристики датчика вибрации Monitran M1100I Series

Характеристика	Значение
Стандартная чувствительность	100 мВ/г ±10% Номинальная при 80Гц
Частотная характеристика	От 2 Гц до 10 кГц ±5% (-3дБ при 0,8Гц)
Резонанс закрепленного основания	18 кГц (номинальный)
Поперечная чувствительность	Меньше 5%
Электрические шумы	Максимум 0,1 мг
Диапазон значений тока	От 0,5мА до 8мА
Напряжение смещения	12 вольт постоянного тока (номинальное)
Диапазон температуры	От -55°С до +115°С
Материал корпуса	Нержавеющая
Вес	110г (номинальный)
Уплотнение	IP67
Момент затяжки	8 Нм
Максимальная длина кабеля	Различное

Пределы параметры	$U_i=28$ В, $I_i=93$ мА, $P_i=0,65$ Вт
Изоляция 500В	Приборы проходят испытание на изоляцию

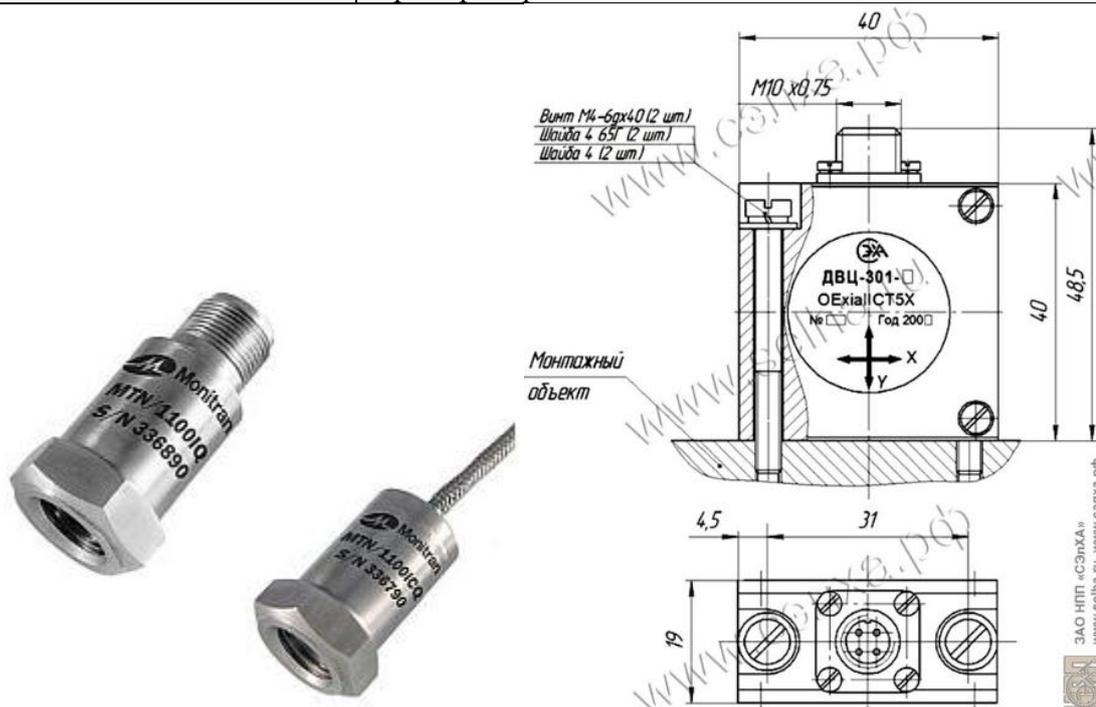


Рисунок 7 – Monitran M1100I Series

### 2.5.3 Выбор исполнительных механизмов

Прежде чем подобрать исполнительные механизмы рассчитаем пропускную способность клапана  $K_v$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) по формуле:

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

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

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

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

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

Исходными данными для расчета пропускной способности являются следующие:

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

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

$\rho$  – плотность нефти 838 кг/м<sup>3</sup>;

$Q_{\max}$  – максимальное значение расхода 480 м<sup>3</sup>/ч.

Расчетная пропускная способность клапана должна быть не менее 621 м<sup>3</sup>/ч.

В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу –  $D_y = 200$  мм.

В качестве регулирующего клапана выбран клапан малогабаритный регулирующий КМР, указанный на рисунке 8.



Рисунок 8 – Клапан КМР

Клапаны малогабаритные регулирующие КМР предназначены для автоматического регулирования расхода и перекрытия жидких и газообразных сред.

Клапаны, основанные на кованой конструкции корпуса, обладают большой надежностью и имеют высокий класс исполнения, обеспечивающий длительность эксплуатации при высокой ремонтпригодности до 35 лет. Применяются на рабочих давлениях до 16,0МПа. Все стандартные конструкции регулирующих клапанов являются плунжерными, и выполняются с ввертным седлом.

Управление регулирующих клапанов осуществляется с помощью электропривода с выходным аналоговым сигналом 4-20 мА и протоколом HART.

Технические характеристики клапанов КМР:

- Давление рабочей среды: до 16МПа;
- Диапазон температур рабочей среды: -60...+225°C;
- Диапазон температур окружающей среды: -60...+70°C;
- Материал корпуса: сталь 20, углеродистые низкотемпературные стали, 12X18Н10Т, 10X17Н13М3Т, специальные сплавы

Для управления клапаном выбран электропривод SIPOS 5 Flash (рисунок 9).



Рисунок 9 – Электропривод Siemens SIPOS 5 Flash

Сфера применения: технологические установки для надежного и точного управления и регулирования арматуры (вентили, заслонки, клапаны и краны).

Технологические характеристики электропривода Siemens SIPOS 5 Flash указаны в таблице 7:

Таблица 7 – Технологические характеристики электропривода Siemens SIPOS 5 Flash

Технологическая характеристика	Значение
Тип сигнала управления	4-20 мА
Класс защиты	IP 67 (IP 68 по запросу)
Частота подключения	От 47 до 63 Гц
Напряжение подключения	1-фазное: 230V (±15%) 3-фазное: от 400 до 460V (±15%)
Температурный диапазон	-20...+60°C

## **2.6 Разработка схемы внешних проводок**

Схема внешней проводки приведена в приложении Д. Первичные и внештатные приборы включают в себя два датчика температуры Kobold TWD-R, один из которых расположен в резервуаре PVC-5000, другой в насосной системе, уровнемер Kobold NUS-R-4, расположенный в резервуаре PVC-5000, датчики давления и расхода Yokogawa EJA-E, расположенные на входе и выходе НС, сигнализатор уровня нефти Kobold NQ-1000, расположенный в резервуаре PVC-5000, датчик вибрации Monitran M1100ISeries, расположенный на корпусе двигателя, и два газосигнализатора СИГМА-03, один из которых находится в резервуаре PVC-5000, другой в насосной системе.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчиков температуры, загазованности и расходомеров на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ – это кабели контрольные с медными жилами, с пластмассовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660В частоты до 100Гц или постоянным напряжением до 1000В. Климатическое исполнение от -50°С до +50°С.

## **2.7 Выбор алгоритмов управления АС РП**

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

- алгоритмы запуска/остановки используемого оборудования, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;
- ПИД-алгоритмы автоматического управления технологическими параметрами используемого оборудования: регулирование положением клапана, регулирование давления, и т. п., реализуется на программируемом логическом контроллере;

– алгоритмы управления сбором измерительных сигналов, данные алгоритмы представляют собой универсальные, логически завершённые программные блоки, реализуются на программируемом логическом контроллере;

– алгоритмы автоматической защиты, противоаварийная защита, реализуется на программируемом логическом контроллере;

– алгоритмы центрального управления автоматизированной системой, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;

В курсовом проекте представлены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений и алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

### **2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня нефти в резервуаре. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения уровня нефти в резервуаре представлен в приложении Е.

### **2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования**

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

Структурная схема автоматического регулирования давления приведена в приложении Ж. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, настройка задания, ПИД-регулятор, ЦАП, регулирующий орган, объект управления, возмущения, АЦП.

Определим параметры элементов структурной схемы. Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 5 метров. Динамика объекта управления  $W(p)$ , выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода согласно для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

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

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4},$$

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

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

$\rho$  – плотность жидкости;

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

$d$  – диаметр трубы;

$f$  – площадь сечения трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$\tau_0$  – запаздывание;

$T$  – постоянная времени.

Зная исходные данные об объекте, определим эти параметры при помощи математического пакета MathCad:

$$\begin{aligned}
 d &:= 0.2 & \rho &:= 838 & Q &:= \frac{480}{3600} & L &:= 5 & dp &:= 0.098 \cdot 0.5 \cdot 10^6 \\
 f &:= \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0.031 & c &:= \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot dp}} = 0.392 \\
 T &:= \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{Q} = 0.363 \\
 \tau_0 &:= \frac{L \cdot f}{Q} = 1.178 \\
 W(p) &:= \frac{1}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot p} \text{ float,3} \rightarrow \frac{e^{-1.18 \cdot p}}{0.363 \cdot p + 1.0}
 \end{aligned}$$

Задание по давлению сравнивается с текущим значением давления, полученным при помощи датчика давления. По рассогласованию регулятор уровня формирует задание по положению регулирующего органа. Заданное положение сравнивается с текущим, полученным от датчика положения регулирующего органа. На основе рассогласования по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм.

Частотный преобразователь:

$$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 \cdot I$$

Электропривод

$$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f.$$

Задвижка

$$\frac{dx}{dt} = \omega$$

Преобразование в жидкость

$$k \cdot Q = x$$

Трубопровод:

$$T_3 \frac{dP}{dt} + P = k_3 \cdot Q.$$

Так как при ПИД-регулировании используется ток до 20 мА, а частотный преобразователь изменяет частоту от 0 Гц до 300 кГц, то передаточный коэффициент равен 15. Постоянная времени была определена из документации частотного преобразователя и равная 0.2 сек [8]. Коэффициент передачи электропривода равен 0,005, т.к. максимальная скорость 1500 об/мин при максимальной частоте 300 кГц. Постоянная времени электропривода подобрана из технической документации [9], которая равна 0,08 сек.

Сигнал на выходе системы с учетом возмущения представлен на рисунке 10.

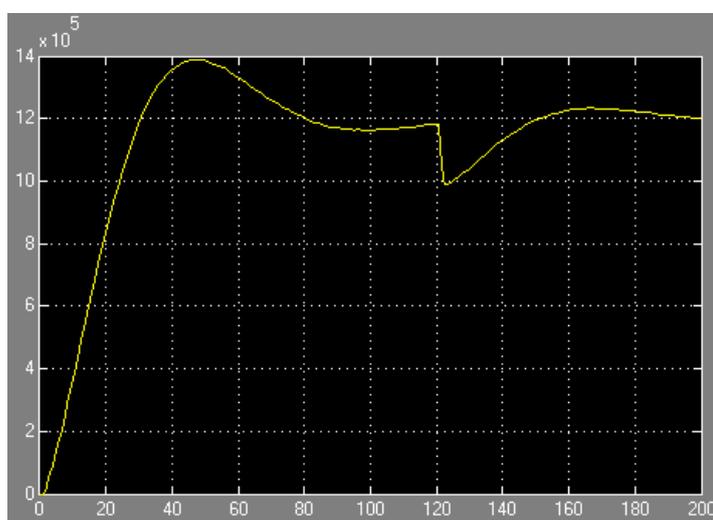


Рисунок 10 – Сигнал на выходе системы

График переходного процесса с учетом регулирования представлен на рисунке 11.

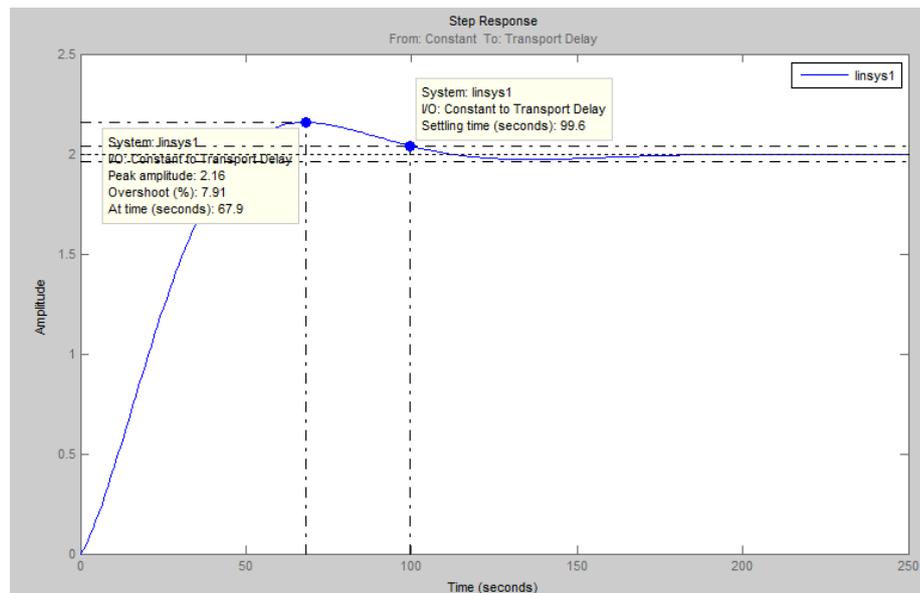


Рисунок 11 – График переходного процесса

Из данного графика видно, что время переходного процесса равно 99,6 с, перерегулирование составляет 7,91%.

## 2.8 Экранные формы АС РП

Управление автоматизированной системой резервуарного парка реализовано с помощью SCADA-системы MasterSCADA.

MasterSCADA - система для создания АСУ ТП. MasterSCADA — это принципиально новый инструмент разработки систем управления и диспетчеризации. В нем реализованы средства и методы разработки проектов, обеспечивающие резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы.

MasterSCADA позволяет легко решать следующие задачи:

- решить проблемы программной стыковки различных устройств системы управления;
- перераспределять сигналы или алгоритмы их обработки по отдельным устройствам;
- создавать распределенные по устройствам алгоритмы контроля и управления;

– иметь доступ с любого рабочего места к любой информации, имеющейся в системе.

### 2.8.1 Разработка дерева экранных форм

Дерево экранных форм представлено в приложении 3.

При запуске проекта появляется окно авторизации пользователя с полями для ввода логина и пароля. После авторизации появляется мнемосхема с основными объектами резервуарного парка, включающая резервуар, насосные станции и каналы регулировки давления. Для того, чтобы открыть необходимую мнемосхему оператору АСУ необходимо нажать указателем мышки на прямоугольную область, содержащую необходимый объект для контроля.

### 2.8.2 Разработка экранных форм АС РП

Рабочее окно пользовательского интерфейса состоит из главного меню, области видеокadra и окна оперативных сообщений.

Вид главного меню представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Главное меню

Главное меню состоит из следующих кнопок: справка, мнемосхемы резервуаров и насосов, а также индикаторы для аварийного выключения.

Значения цвета кнопки индикатора может быть следующим: зелёный – объект включен, жёлтый – объект выключен, оранжевый – объект в резерве, красный – авария объекта.

Область видеокadra предназначена для регулирования состояний оборудования и управления им. Видеокadры состоят из: мнемосхем, всплывающих окон и табличных форм.

Оператору АСУ доступны следующие мнемосхемы:

– резервуар РВС-1/1 (Приложение К);

- резервуар РВС-1/2;
- входная насосная станция;
- насосная станция внутренней перекачки;

На мнемосхеме «Резервуар РВС-1/1» отображаются измеряемые параметры резервуара, параметры трубопровода, состояние клапанов К12-К15.

На рисунке 13 представлен мнемознак уровня нефти.

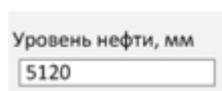


Рисунок 13 – мнемознак уровня нефти

На мнемознаке отображается текущее значение параметра, а также цветами выделены соответствующие состояния: серый – нормальное значение параметра, жёлтый – максимально или минимально допустимое значение параметра, красный – предельное значение параметра, тёмно-серый – значение параметра не верное.

На рисунке 14 представлен мнемознак резервуар.

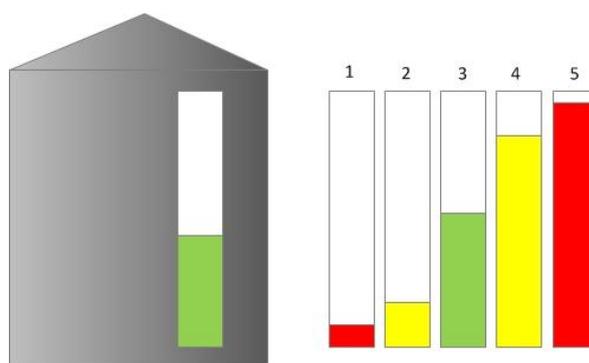


Рисунок 14 – мнемознак резервуар

Белый прямоугольник имеет 5 состояний, отражающих степень заполнения резервуара:

- 1 – красный цвет – предельный нижний уровень.
- 2 – желтый цвет – допустимый нижний уровень;
- 3 – зеленый цвет – уровень в норме;
- 4 – желтый цвет) – допустимый верхний уровень;
- 5 – красный цвет – предельный верхний уровень.



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич

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

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

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

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение назначения объекта и определение целевого рынка</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работ, составление графика работ</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

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

- 1. Оценка конкурентоспособности технических решений*
- 2. График проведения и бюджет НИ*

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич		

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

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие резервуарные парки для хранения и отпуска нефти и нефтепродуктов, товарно-сырьевые нефтебазы. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия, имеющие резервуарные парки I и II категории. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления приемом и хранением нефтепродуктов, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Нефтестройпроект», «Б» - ОАО «ТомскНИПИнефть», «В» - ЗАО «ЭлеСи»

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка

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

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

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 2). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП резервуарным парком, существующая система управления резервуарным парком, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

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

Таблица 9 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,05	5	1	4	0,25	0,05	0,2
Удобство в эксплуатации	0,06	3	2	4	0,18	0,12	0,24
Помехоустойчивость	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Энергоэкономичность	0,09	3	4	2	0,27	0,36	0,18
Надежность	0,11	5	2	5	0,55	0,22	0,55
Уровень шума	0,03	2	2	2	0,06	0,06	0,06
Безопасность	0,11	5	3	5	0,55	0,33	0,55
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	2	2	1	0,06	0,06	0,03

Простота эксплуатации	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	5	0	5	0,1	0	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	1	5	3	0,03	0,15	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	3	5	0,28	0,21	0,35
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Финансирование научной разработки	0,03	2	1	1	0,06	0,03	0,03
Срок выхода на рынок	0,04	2	4	5	0,08	0,16	0,2
Наличие сертификации разработки	0,02	1	3	5	0,02	0,06	0,1
Итого:	1	63	52	67	3,54	2,71	3,53

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

### 3.4 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{\text{кал}} = 365 \text{ дней}$$

$$T_{\text{вых}} = 104 \text{ дня}$$

$$T_{\text{пр}} = 24 \text{ дня}$$

В таблице 11 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 11 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		Tmin, чел-дн.	Tmax, чел-дн.	Tож, чел-дн.	Tр, раб.дн	Tкд, кал.дн	У <sub>i</sub> , %	Г <sub>i</sub> , %
1	Р	1	2	1,4	1,4	2	5,5	5,5
2	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1	2,7	8,3
3	Р, СД	2	3	2,4	1,2	2	5,5	13,9
4	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1	2,7	16,6
5	СД	2	3	2,4	2,4	3	8,3	25
6	СД	5	10	7	7	10	27,7	52,7
7	Р, СД	2	3	2,4	1,2	3	8,3	61,1
8	Р, СД	3	6	4,2	2,1	6	16,6	77,7
9	Р, СД	3	6	4,2	2,1	6	16,6	94,4
10	СД	1	2	1,4	1,4	2	5,5	100
итого	Студент				20,2	34		
	Руководитель				9,4	21		

На основе таблицы 11 построим график работ. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются

протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 12 – План-график

№	Вид работы	Исп-ли	Тзд	16.03											13.06										
				5	10	15	20	25	30	35	5	10	15	20	25	30	35								
1	Составление и утверждение задания НИР	Р	2	✕																					
2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, СД	1	■																					
3	Разработка и утверждение ТЗ	Р, СД	2	■	✕																				
4	Календарное планирование работ	Р, СД	1	■																					
5	Разработка структурных схем	СД	3		■																				
6	Разработка функциональных схем	СД	10			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
7	Выбор технических средств автоматизации	Р, СД	3										✕	■											
8	Выбор алгоритмов управления	Р, СД	6											✕	■	■	■	■	■	■	■	■			
9	Разработка экранной формы	Р, СД	6																	✕	■	■			
10	Составление пояснительной записки	СД	2																			■			

✕ -руководитель

■ - студент-дипломник

### 3.5 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.5.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем равным 20%.

Расчеты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Контроллер Yokogawa. CENTUM CS 3000	шт.	1	240 000	300000
Датчики давления Yokogawa EJA-E	шт.	6	73 000	503700
Уровнемер Kobold NUS-R-4	шт.	9	44 500	460575
Сигнализатор уровня Kobold NQ-1000	шт.	27	27 300	847665
Датчик расхода Yokogawa EJA-E	шт.	6	73 000	503700
Датчик температуры Kobold TWD-R	шт.	9	40 000	414000
Датчик загазованности СИГМА-03	шт.	1	64 000	76800
Датчик вибрации Monitran M1100I Series	шт.	6	46 500	348750
Клапан КМР	шт.	6	217 000	1627500
Электропривод Siemens SIPOS 5 Flash	шт.	6	167 000	1252500
Итого:				6335190

#### 3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включается затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования

Yokogawa. В таблице 14 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость, руб
Master SCADA	1	22 000	22000
итого:			22000

### 3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}}$$

Где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

В расчете принят районный коэффициент 1,3.

Оклады приняты согласно окладам работников ТПУ.

Руководитель (ассистент ТПУ) – 21760 руб.

Студент (УВП ТПУ) – 9489 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент, %	должностной оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительность работ, дней	Зарботная плата основная, руб
Руководитель	21760	30	28288	1282,69	9,4	12057,33
Студент	9489	30	12336	559,35	20,2	11298,90
Итого:						23356,23

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

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

Величина отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2017 г. взнос в социальные фонды установлен в размере 30% от заработной платы.

Все расчеты сведены в таблицу 16

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата
Руководитель проекта	12057,33
Инженер	11298,90
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	7006,87

### 3.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами и пр.

Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 15%.

$$Z_{\text{накл}} = (6335190 + 22000 + 26051,4 + 7815,42) \cdot 0,15 = 958658,52 \text{ руб}$$

Где 0,015 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 17:

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	6335190
2. Затраты на специальное оборудование	22000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	23356,23
4. Отчисления во внебюджетные фонды	7006,87
5. Накладные расходы	958132,96
<b>6. Бюджет затрат НИИ</b>	<b>7345686,06</b>

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

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

где  $I_{финр}^{истп}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{7345686,06}{10000000} = 0,73;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ООО «Арманинжиниринг». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Rosemount со SCADA Step 7;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Элком». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Yokogawa со SCADA Trace mode.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов составляет:

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб.	7345686,06	9000000	10000000

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{9000000}{10000000} = 0,9; I_{фина1}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{10000000}{10000000} = 1;$$

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

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

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5
3. Надёжность	0,25	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	4,15

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,6;$$

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

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

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

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

В результате:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p} = \frac{4,6}{0,73} = 6,3; I_{фина1}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{фина1}^{a1}} = \frac{4,4}{0,9} = 4,88; I_{фина2}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{фина2}^{a2}} = \frac{4,15}{1} = 4,15.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 19.

Таблица 19– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,73	0,9	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,4	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	6,3	4,88	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,29	1,51

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	АТПП

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

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

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

**Перечень графического материала:**

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

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ИШХБТ	Невский Егор Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т31	Свечников Никита Витальевич		

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

Одной из важнейших задач по сохранению производительности труда и экономической эффективности производства является организация и улучшение условий труда на рабочем месте. Необходимые показатели в этой области достигаются соблюдением законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Строгое выполнение норм техники безопасности обеспечивает защиту сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на работе. Безопасность жизнедеятельности на производстве была создана, чтобы обеспечить правильную среду обитания на рабочем месте, и не навредить деятельности и здоровью человека.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления резервуарным парком. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочему месту и рабочей зоны. Проанализированы опасные и вредные факторы труда.

## 4.1. Надежность контроллера

В основе системы автоматизированного управления резервуарным парком будем использовать два ПЛК Yokogawa, т.к. данный контроллер удовлетворяет техническому заданию, а именно имеет модули ввода/вывода дискретные и аналоговые, имеет возможность наращивания до 2048 точек, имеет возможность замены на горячую, при этом экономические показатели гораздо ниже других рассмотренных. CENTUM CS 3000.

Контроллер может обрабатывать большое количество полевых данных (данных КИП) с удобными скоростями, которые полностью удовлетворяют потребностям эры цифровых КИП. Контроллер имеет 64 канала входа/выхода, при этом имеет модульную структуру и в случае необходимости всегда может быть расширен.

Контроллер CENTUM обладает выдающимися показателями обработки данных и большой емкостью для хранения приложений, унаследовав при этом качество и стабильность работы. Процессорные модули, источники питания, модули в/в и шины связи – все поддерживают резервированные конфигурации.

Самый последний выпуск контроллера был оптимизирован, чтобы полностью реализовать преимущества достижений в области технологии цифровых КИП, что поможет предприятию работать с повышенной эффективностью и стабильностью.

Контроллер Yokogawa. CENTUM CS 3000 обеспечивает:

- сбор, хранение и анализ данных технологического процесса;
- безопасное ведение технологических процессов;
- решение задач оптимального управления;
- устойчивость процессов регулирования и оптимизации;
- управление периодическими процессами;

взаимодействие с подсистемами верхнего и нижнего уровня практически по любым промышленным стандартным протоколам.

## 4.2. Надежность датчиков

### Датчик уровнемер

Для контроля за уровнем необходимо использовать наиболее точный уровнемер, поэтому в проекте будем использовать ультразвуковой уровнемер Kobold NUS-R-4. Ультразвуковой уровнемер Kobold NUS-R-4, предназначен для бесконтактного непрерывного измерения уровня и объема в резервуарах или измерения расхода в открытых каналах.

Таблица 20 – Характеристики уровнемера

Техническая характеристика	Значение
Диапазон измерений	до 10 м
Разрешающая способность	2 мм
Давление рабочей среды	до 3 МПа
Температура окружающей среды	-50 ... +70 °С
Температура рабочей среды	-30 ... +90 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с протоколом HART
Степень защиты	IP 68

Средняя наработка на отказ 100 000 ч.

Есть искробезопасное и взрывозащищенное исполнение.

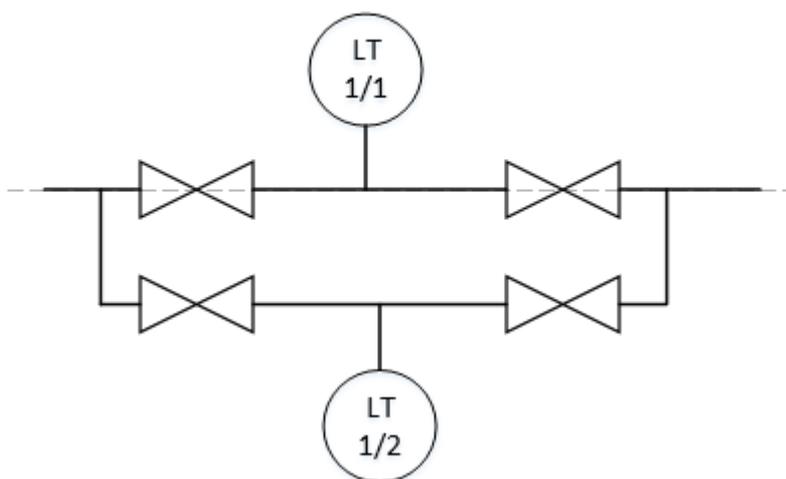


Рисунок 15 – Резервирование датчика уровня

## Датчик давления

Для измерения давления и расхода будем использовать датчик давления EJA-E от компании Yokogawa. Yokogawa EJA-E – это высокоэффективные многопараметрические преобразователи давления с чувствительным элементом из монокристаллического кремния, используемые для измерения давления, расхода жидкости, газа и пара.

Таблица 21 – Характеристики датчика давления

Техническая характеристика	Значение
Погрешность измерения	$\pm 0,04$ %
Давление рабочей среды	до 10 МПа
Температура окружающей среды	-50 ... +50 °С
Температура рабочей среды	-40 ... +125 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с функцией цифровой связи по HART-протоколу;
Степень защиты	IP 67

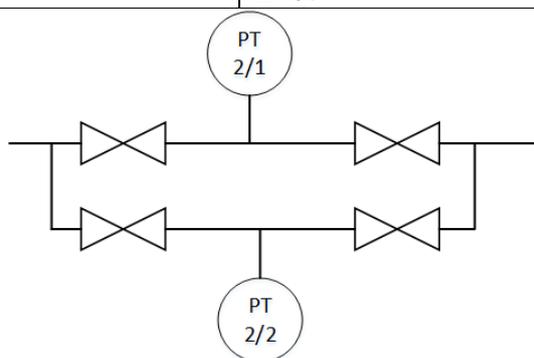


Рисунок 16 – Резервирование датчиков давления

Среднее время наработки на отказ 150 000 ч.

## Датчик расхода

Выбраны кориолисовые расходомеры MicroMotion 1700 с искробезопасными выходами.

Кориолисовые расходомеры обладают значительными преимуществами по сравнению с традиционными объемными расходомерами:

- Обеспечивают точные и воспроизводимые измерения в широком диапазоне расходов и условий технологического процесса;
- Осуществляют прямое измерение массового расхода и плотности, а также

- измерение объёмного расхода и температуры;
- Все измерения выполняются одним прибором;
  - Не имеют движущихся частей, что приводит к минимизации эксплуатационных расходов;
  - Предоставляют возможность расширенной диагностики как самого расходомера, так и технологического процесса.

Время наработки на отказ составляет 200 000 ч.

### Датчик температуры

Для измерения температуры в резервуаре с нефтью и насосного агрегата используется датчик температуры Kobold TWD-R.

Термометры сопротивления TWD-R производства компании KOBOLD состоят из ударопрочного установочного фитинга из нержавеющей стали, имеющего резьбовое или фланцевое присоединение, соединительной головки из литого алюминия и сменного чувствительного элемента. Заменить чувствительный элемент можно без остановки технологического процесса.

Таблица 22 – Технические характеристики датчика температуры

Техническая характеристика	Значение
Погрешность измерения	±0,25 %
Давление рабочей среды	до 5 МПа
Температура окружающей среды	-40 ... +50 °С
Температура рабочей среды	-80 ... +600 °С
Выходной сигнал	4...20 мА с HART-протоколом;
Степень защиты	IP 68

Средняя наработка на отказ 75000 ч.

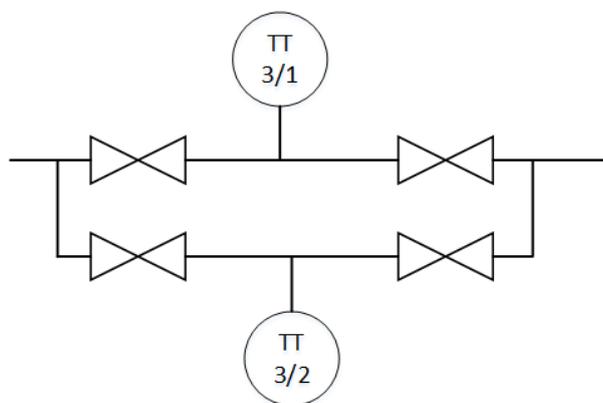


Рисунок 17 – Резервирование датчиков температуры

## Связь контроллера и оператора

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

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

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

### 4.3. Удобство и надежность интерфейса

В ВКР используется SCADA Infinity.

Рабочее окно пользовательского интерфейса состоит из главного меню, области видеокadra и окна оперативных сообщений.



Рисунок 18 – Главное меню

Главное меню состоит из следующих кнопок: справка, мнемосхемы резервуаров и насосов, а также индикаторы для аварийного выключения.

Значения цвета кнопки индикатора может быть следующим: зелёный – объект включен, жёлтый – объект выключен, оранжевый – объект в резерве, красный – авария объекта.

Область видеокadra предназначена для регулирования состояний оборудования и управления им. Видеокadры состоят из: мнемосхем, всплывающих окон и табличных форм.

Оператору АСУ доступны следующие мнемосхемы:

- резервуар РВС-1/1 (Приложение К);
- резервуар РВС-1/2;
- входная насосная станция;
- насосная станция внутренней перекачки;

На мнемосхеме «Резервуар РВС-1/1» отображаются измеряемые параметры резервуара, параметры трубопровода, состояние клапанов К12-К15.

На рисунке 19 представлен мнемознак уровня нефти.

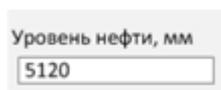


Рисунок 19 – мнемознак уровня нефти

На мнемознаке отображается текущее значение параметра, а также цветами выделены соответствующие состояния: серый – нормальное значение параметра, жёлтый – максимально или минимально допустимое значение параметра, красный – предельное значение параметра, тёмно-серый – значение параметра не верно.

На рисунке 6 представлен мнемознак резервуар.

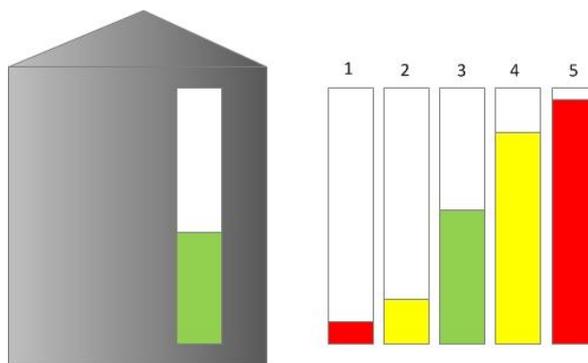


Рисунок 20 – мнемознак резервуар

Белый прямоугольник имеет 21 состояний, отражающих степень заполнения резервуара:

- 1 – красный цвет – предельный нижний уровень.
- 2 – желтый цвет – допустимый нижний уровень;
- 3 – зеленый цвет – уровень в норме;
- 4 – желтый цвет) – допустимый верхний уровень;
- 5 – красный цвет – предельный верхний уровень.

## Заключение

В результате выполнения проекта разработано техническое решение для проектирования автоматизированной системы резервуарного парка НПС. В ходе разработки проекта проанализированы текущие новинки оборудования в нефтегазовой отрасли и подобрано оборудование с наибольшей точностью измерения и длительным сроком службы, а именно полевые датчики и модульные программируемые локальные контроллеры от иностранных компаний Kobold и Yokogawa, газоанализатор российской компании СИГМА. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система MasterSCADA российской разработки.

Во время разработки проекта рассмотрен технологический процесс работы резервуарного парка. Для безопасной работы и защиты системы в помещении используется высокоточный газоанализатор, поэтому в случае аварийной утечки система быстро перекроет подачу нефти в резервуарный парк насосными агрегатами с помощью современных задвижек с электроприводами. Также задвижки используются для регулирования давления в трубопроводе.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы спроектированы функциональная и структурная схемы автоматизации, с помощью которых подобрано оборудование. Построена схема внешних проводок, которая позволяет четко разобраться в системе передачи сигналов оператору АСУ на щит КИПиА, который в случае обнаружения неисправности работы системы, сможет их устранить. В заключении разработки вкр проекта разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

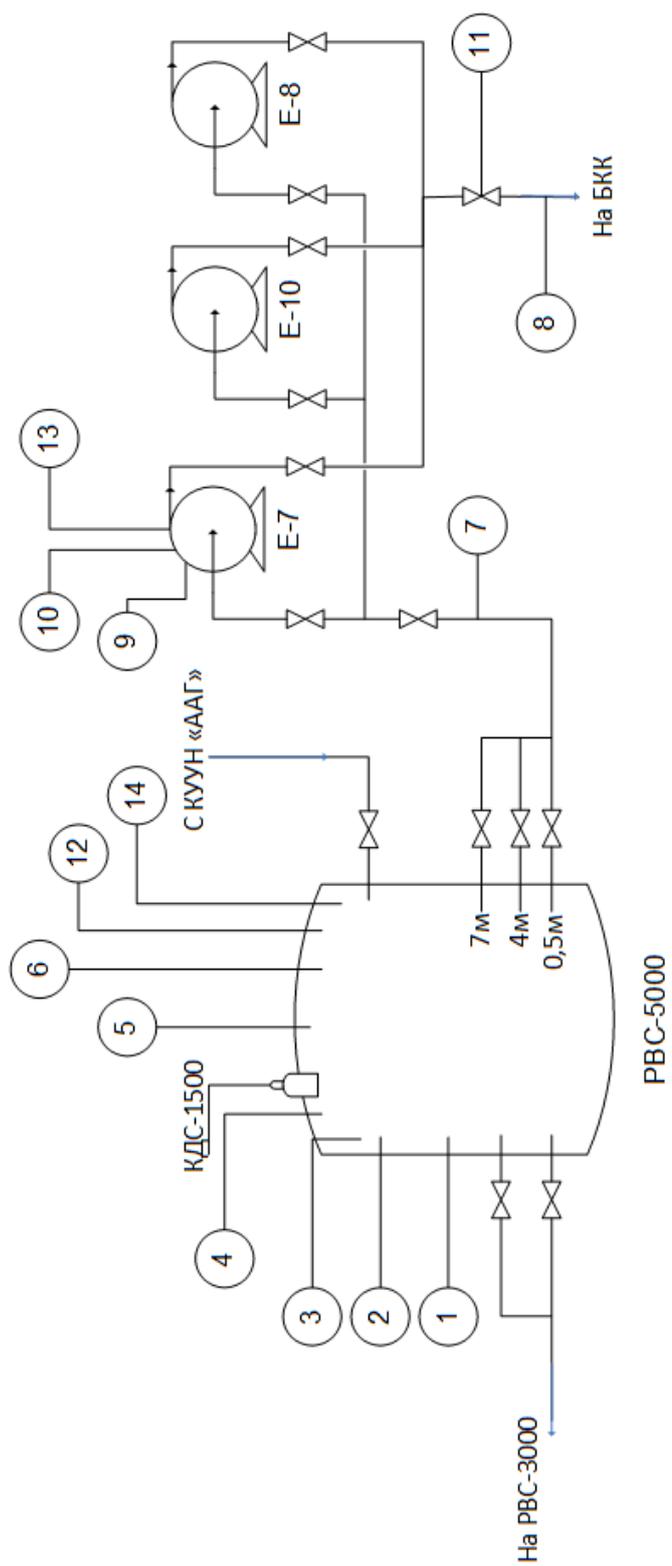
В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектирована автоматизированная система резервуарного парка НПС, которая полностью удовлетворяет поставленной задаче.

## Список используемых источников

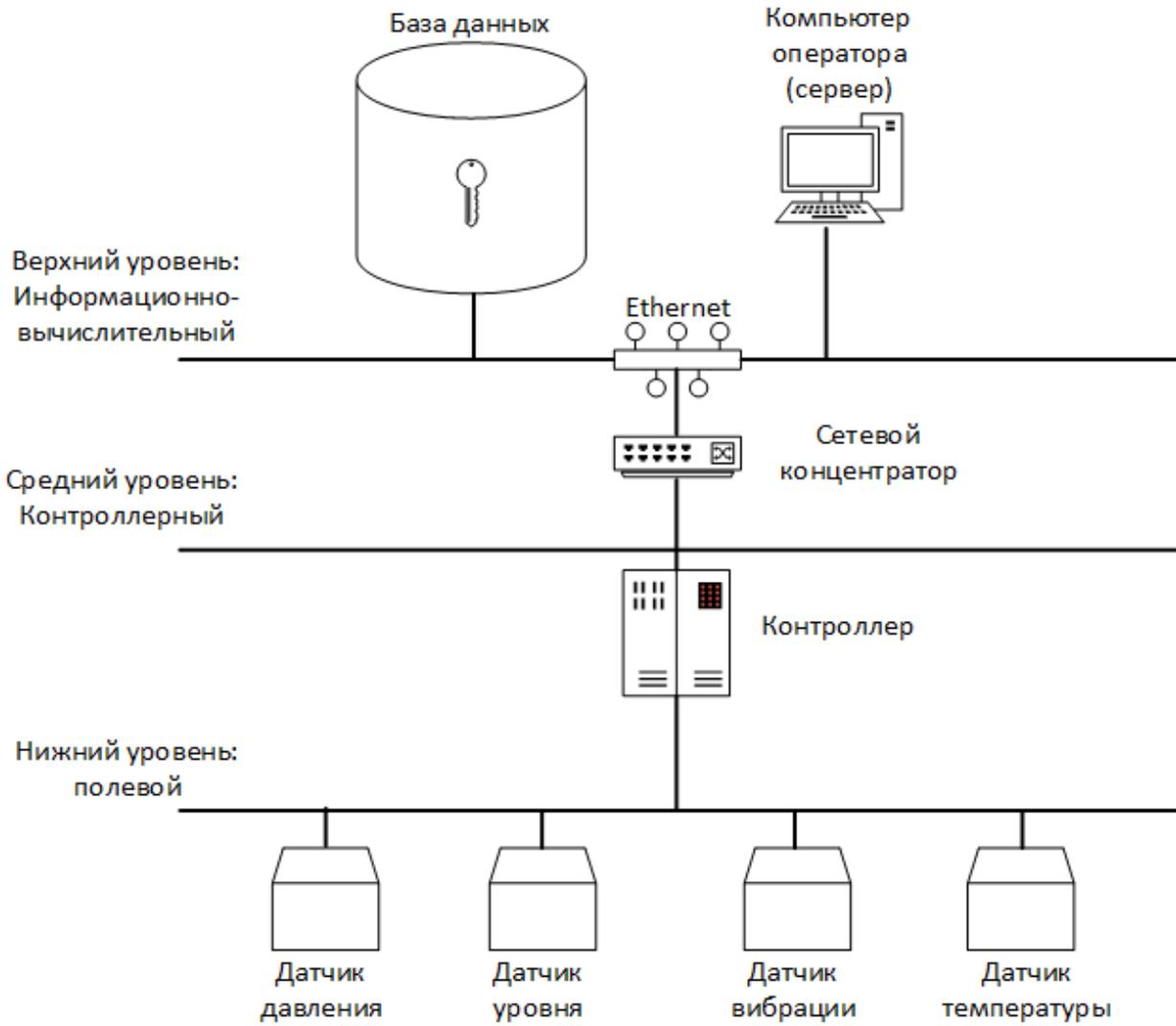
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»;
9. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
10. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
11. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

12. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
13. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
14. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.07.2012) "Об отходах производства и потребления";
15. НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
16. ГОСТ 12.1.004-76 и ГОСТ 12.1.010-76 «Основы противопожарной защиты предприятий»;
17. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
19. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»;

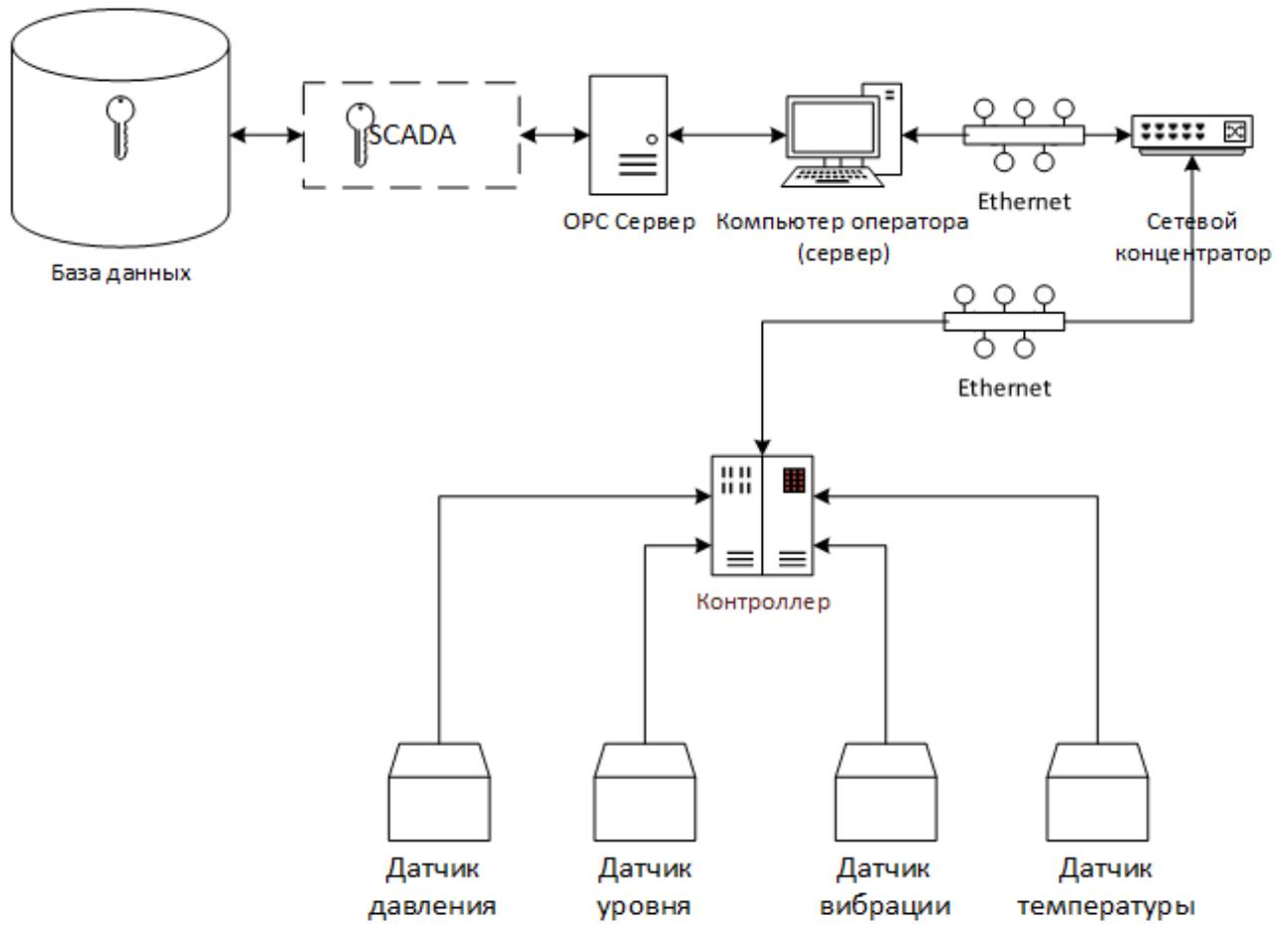
# Приложение А



## Приложение Б



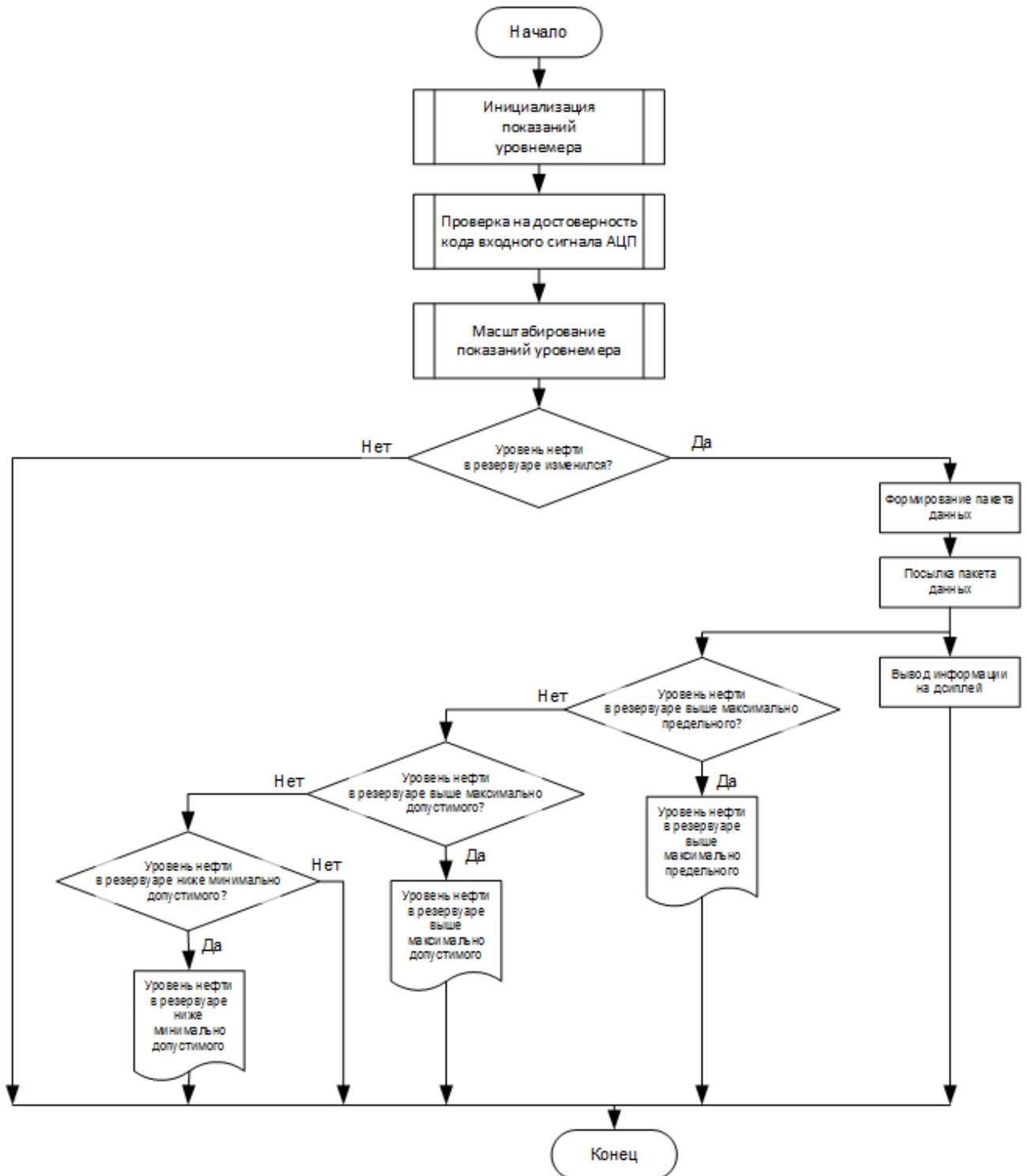
## Приложение В



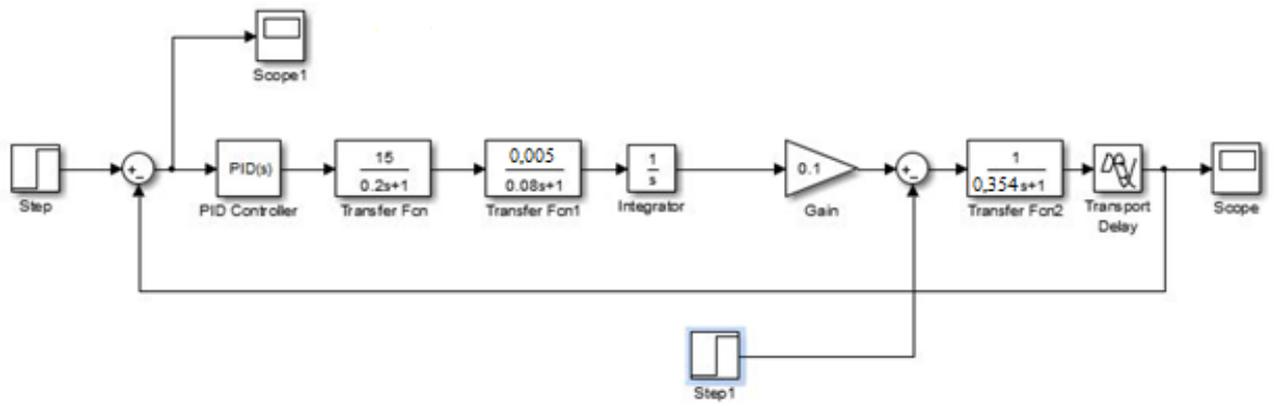




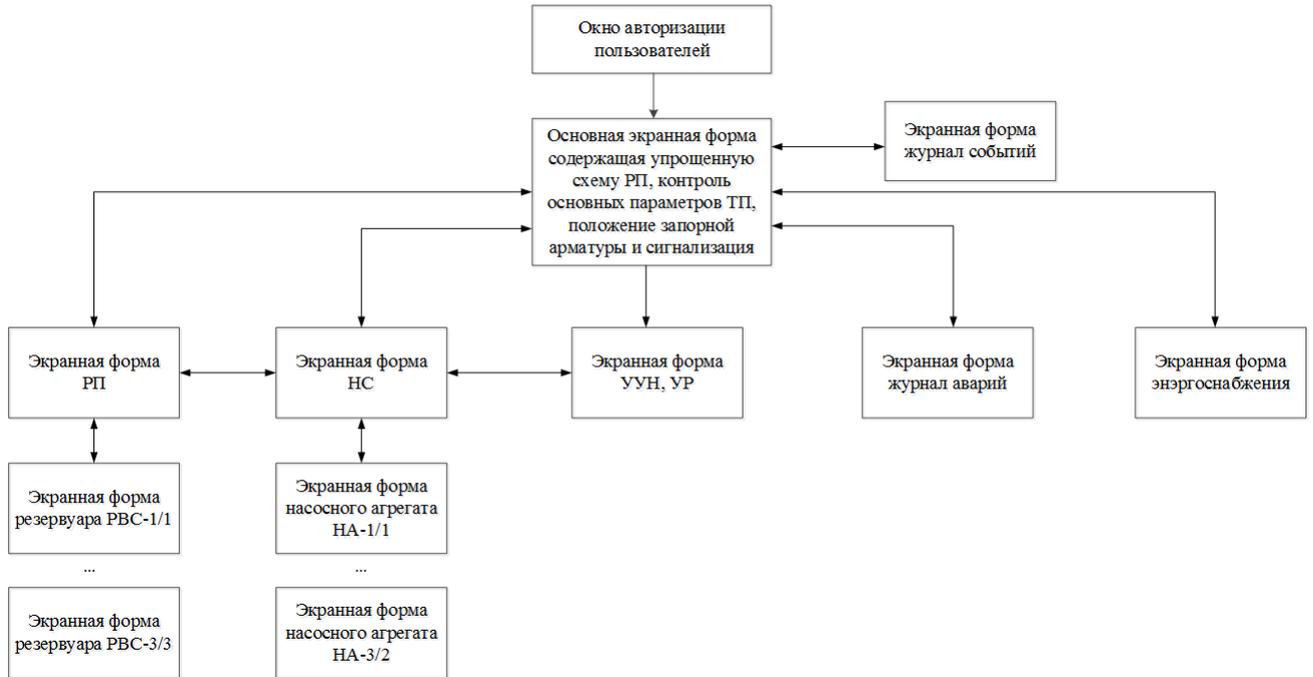
## Приложение Е



## Приложение Ж



### Приложение 3



# Приложение К

The interface displays a control panel for a tank labeled "PBC-1/1". At the top, there is a row of status indicators: a question mark "F1", and nine "PBC" units (1/1, 1/2, 1/3, 2/1, 2/2, 2/3, 3/1, 3/2, 3/3), each with a green dot. To the right are two buttons: "РП" (green) and "СТОП" (red).

The main area shows a 3D tank with a vertical level gauge. The gauge is partially filled with green liquid. To the right of the tank are several controls:

- A "Пожар" (Fire) button.
- Two radio buttons for "Верхний предельный уровень нефти" (Upper limit oil level) and "Верхний допустимый уровень нефти" (Upper acceptable oil level).
- A text input field labeled "Уровень нефти, мм" (Oil level, mm) containing the value "5120".
- Two radio buttons for "Нижний допустимый уровень нефти" (Lower acceptable oil level) and "Нижний предельный уровень нефти" (Lower limit oil level).

Below the tank, a piping diagram shows two sets of parallel valves. The left set consists of a yellow valve (K13) and a green valve (K12). The right set consists of a yellow valve (K15) and a green valve (K14). Each set is connected to a main line via a black valve.

At the bottom, there is a wide grey box labeled "ОКНО ОПЕРАТИВНЫХ СООБЩЕНИЙ" (Operational Messages Window) and a status bar on the right showing "АДМИНИСТРАТОР" (Administrator).