

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки Автоматизация технологических процессов и производств/15.03.04

Отделениешколы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

|  |
|--|
| Тема работы  |
| Модернизация автоматизированной системы управления блоком сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа |

УДК 681.51:622.279.8-048.35:621.928

Студент

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-8Т51 | Пожидаев Александр Максимович |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО                            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Кузьминская Елена Вячеславовна | к.т.н.                 |         |      |

Консультант

| Должность                       | ФИО                          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОАР ИШИТР | Емельянова Екатерина Юрьевна |                        |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСКН ШБИП | Конотопский В.Ю. | к.т.н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Матвиенко В.В. |                        |         |      |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

| Код результата               | Результат обучения (выпускник должен быть готов)  |
|------------------------------|---|
| Профессиональные компетенции |   |
| P1                           | Использовать основные естественнонаучные, математические, социально-экономические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Комбинировать теоретические знания и практические навыки для выполнения инженерно-проектировочных работ, иметь представление об областях их применения. |
| P2                           | Находить решения для задач инновационного характера. Производить синтез и анализ поставленных задач с применением специальных знаний и современных подходов и моделей.  |
| P3                           | Осуществлять выбор необходимых технических решений, инструмента и оборудования для выполнения практических и инженерных работ обосновывая целесообразность экономических, экологических, социальных и других решений.   |
| P4                           | Находить применение знаниям и навыкам, полученным в ходе изучения прикладного программного обеспечения и систем автоматизированного проектирования для ускорения и улучшения качества процесса разработки и внедрения систем автоматизации.   |
| P5                           | Уметь тщательно выбирать и использовать, техническую литературу, руководства по эксплуатации оборудования и другие источники информации.  |
| P6                           | Уметь грамотно планировать и проводить тестирование и эксперименты, делать надлежащие выводы о рассматриваемой области, выявлять и четко формулировать полученные сведения, а также производить правильные заключения по итогам испытаний.  |
| P7                           | Уметь эксплуатировать, внедрять и обслуживать высокотехнологичное оборудование. Обеспечивать высокую производительность используемых технологий, соблюдать правила охраны труда и техники безопасности. Проводить мероприятия по защите окружающей среды.   |

| Универсальные компетенции |  |
|---------------------------|--|
| P8                        | Применять базовые знания и навыки в области ведения проектной деятельности, учитывая юридические особенности по защите интеллектуальной собственности.   |
| P9                        | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать и жить в интернациональной среде, имея представление о культурных, лингвистических и социально-экономических различиях.   |
| P10                       | Иметь обширные знания и эрудицию, быть всесторонне развитым и уметь понимать современные общественные и политические проблемы. Иметь представления в вопросах, касающихся безопасности, охраны жизни и здоровья сотрудников, нести ответственность за ведение инженерной деятельности. |
| P11                       | Проявлять целеустремленность и любознательность в области инженерной деятельности, преумножая свои навыки и знания. Самостоятельно учиться новому и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.   |

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

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

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

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

В форме:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО                              |
|--------|----------------------------------|
| 3-8Т51 | Пожидаеву Александру Максимовичу |

Тема работы:

|  |                        |
|--|------------------------|
| Модернизация автоматизированной системы управления блоком сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа |                        |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)  | № 59-64с от 28.02.2020 |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 24.05.2020 |
|--|------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Исходные данные к работе</b>   | Асу ТП предназначена для автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с регламентом безопасного ведения технологического ведения технологического процесса. |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор</li> <li>2. Исследование объекта и проектирование системы</li> <li>3. Социальная ответственность</li> <li>4. Финансовый менеджмент</li> </ol>                                |
| <b>Перечень графического материала</b>  | Структурная схема автоматизации<br>Функциональная схема автоматизации блока подготовки газа<br>Схема внешних проводок<br>Алгоритм сбора данных измерений<br>Дерево экранных форм  |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>             |   |
| <b>Раздел</b>   | <b>Консультант</b>  |
| «Социальная ответственность»  | Матвиенко Владимир Владиславович  |
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»             | Конотопский Владимир Юрьевич  |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 28.02.2020 |
|---|------------|

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

| Должность        | ФИО                            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Кузьминская Елена Вячеславовна | к.т.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-8Т51 | Пожидаев Александр Максимович |         |      |

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

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Уровень образования - бакалавриат

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                    | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 20.05.2020    | <b>Основная часть</b>  | 60                                 |
| 18.04.2020    | <b>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</b> | 20                                 |
| 25.05.2020    | <b>Социальная ответственность</b>  | 20                                 |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО                            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Кузьминская Елена Вячеславовна | к.т.н.                 |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                                  |
|---------------|----------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                       |
| 3-8Т51        | Пожидаеву Александру Максимовичу |

|                            |              |                                  |  |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| <b>Институт</b>            | <b>ИШИТР</b> | <b>Кафедра</b>                   | <b>ОАР</b>   |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат  | <b>Направление/специальность</b> | Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли |

Тема ВКР:

**Модернизация автоматизированной системы блока подготовки газа сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа**

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

|  |   |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматизированное управление и контроль основных параметров. Технологический процесс представляет собой транспортировку и подготовку газа в сепараторах. |
|--|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|  |  |
|--|--|
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b><br>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; | Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| –организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.   |   |
| <b>2. Производственная безопасность:</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | 1. Повышенная или пониженная влажность воздуха;<br>2. Отсутствие или недостаток естественного света;<br>3. Недостаточная освещённость рабочей зоны;<br>4. Повышенный уровень шума на рабочем месте;<br>5. Электромагнитные излучения. |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>   | Воздействие на литосферу, гидросферу не происходит. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом  |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>  | Возможные ЧС на объекте: утечка газа, пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является пожар(возгорание)   |

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность         | ФИО                   | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------|-----------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент<br>ШБИП | ООД<br>Матвиенко В.В. |                        |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-8Т51 | Пожидаев Александр Максимович |         |      |

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

Студенту:

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                    |
| 3-8Т51        | Пожидаев Александр Максимович |

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

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

|  |  |
|--|--|
| <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах. |
| <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | статистические бюллетени и издания.  |
| <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | нормативно-правовые документы; анкетирование; опрос.   |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|  |   |
|--|---|
| <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | Определение назначения объекта и определение целевого рынка |
| <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>  | Разработка НИР на этапы, составление графика работ          |
| <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>        | Оценка технико-экономической эффективности проекта          |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*Оценка конкурентоспособности технических решений*  
*Матрица SWOT*  
*Альтернативы проведения НИ*  
*График проведения и бюджет НИ - выполнить*

Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - выполнить

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

04.03.2020

Задание выдал консультант:

| Должность        | ФИО              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата             |
|------------------|------------------|------------------------|---------|------------------|
| Доцент ОСКН ШБИП | Конотопский В.Ю. | к.т.н.                 |         | 26.02.2020<br>г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-8Т51 | Пожидаев Александр Максимович |         |      |

## Реферат

Пояснительная записка содержит 111 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 14 рисунков, 1 список использованных источников из 18 наименований, 7 приложений. Объектом исследования является установка блока подготовки газа сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа. Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установкой блока подготовки газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы. В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ПЛК TREI-5B-05, с применением SCADA-системы Simplight. 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, блок подготовки газа.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Определения, обозначения и сокращения               |    |
| Введение.....                                       | 19 |
| 1 Требования к создаваемой системе.....             | 20 |
| 1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП.....     | 20 |
| 1.2 Назначение системы .....                        | 20 |
| 1.4 Требования к техническому обеспечению .....     | 22 |
| 1.5 Требования к метрологическому обеспечению ..... | 23 |
| 1.6 Требования к программному обеспечению.....      | 23 |
| 1.7 Требования к математическим методам .....       | 25 |
| 1.8 Требования к информационному обеспечению.....   | 25 |
| 2 Разработка и подбор компонентов системы.....      | 27 |
| 2.1 Описание технологического процесса.....         | 27 |
| 2.2 Разработка структурной схемы АС.....            | 27 |
| 2.3 Функциональная схема автоматизации .....        | 32 |
| 2.4 Перечень функций, реализуемых системой. ....    | 33 |
| 2.5 Разработка схемы информационных потоков.....    | 35 |
| 2.6 Аппаратура передачи данных .....                | 37 |
| 2.7 Выбор средств реализации БПГ .....              | 38 |
| 2.7.1 Выбор контроллерного оборудования.....        | 39 |
| 2.7.2 Выбор устройств измерения .....               | 44 |
| 2.7.2.1 Датчики давления.....                       | 44 |
| 2.7.2.2 Датчик температуры .....                    | 47 |
| 2.7.2.3 Выбор расходомера.....                      | 51 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.7.2.4  | Выбор уровнемера .....  | 53 |
| 2.7.2.5  | Выбор датчика–сигнализатора уровня .....                                  | 55 |
| 2.7.2.6  | Выбор регулирующего клапана .....   | 57 |
| 2.8  | Разработка схемы внешних проводок.....                                    | 59 |
| 2.9  | Описание алгоритмов .....   | 61 |
| 2.10.1   | Алгоритм сбора данных измерений .....                                     | 62 |
| 2.10.2   | Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.....    | 62 |
| 2.11.1   | Экранные формы автоматизированной системы БПГ .....                       | 65 |
| 2.11.2   | Разработка экранных форм автоматизированной системы блока сепарации. .... | 66 |
| 2.11.3   | Область видеокадра .....  | 67 |
| 2.11.4   | Мнемознаки .....  | 67 |
| 3  | Социальная ответственность .....  | 70 |
| 3.1  | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....         | 70 |
| 3.1.1  | Эргономические требования к рабочему месту.....                           | 71 |
| 3.1.2  | Окраска и коэффициенты отражения .....                                    | 71 |
| 3.2  | Производственная безопасность .....                                       | 72 |
| Профессиональная социальная ответственность..... |   | 72 |
| 3.2.1  | Анализ вредных и опасных факторов.....                                    | 72 |
| 3.2.2  | Отклонения показателей микроклимата.....                                  | 72 |
| 3.2.3  | Недостаточная освещённость рабочей зоны.....                              | 74 |
| 3.2.4  | Повышенный уровень шума .....   | 75 |
| 3.2.5  | Электромагнитное излучение .....  | 76 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.6 Анализ опасных факторов.....  | 77 |
| 3.2.7 Электробезопасность .....   | 77 |
| 3.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....                           | 78 |
| 3.4 Экологическая безопасность.....   | 82 |
| 3.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...   | 82 |
| 3.4.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .  | 83 |
| 3.4.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....  | 83 |
| 3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....  | 84 |
| 3.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....   | 84 |
| 3.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований .....              | 84 |
| 3.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....          | 85 |
| 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности..... | 87 |
| 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....  | 87 |
| 4.1.2 Технология QuaD .....   | 89 |
| 4.1.3 SWOT – анализ .....   | 90 |
| 4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....  | 91 |
| 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....  | 91 |
| 4.3 Расчет трудоемкости этапов .....  | 93 |
| 4.4 Расчет сметы затрат на разработку АС.....   | 96 |
| 4.4.1 Расчет затрат на материалы .....  | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.4.2 Расчет заработной платы.....   | 97  |
| 4.4.3 Расчет затрат на социальный налог .....  | 98  |
| 4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию .....  | 98  |
| 4.4.5 Расчет амортизационных расходов .....  | 98  |
| 4.4.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе<br>платежных (расчетных) документов ..... | 99  |
| 4.4.7 Расчет прочих расходов.....  | 99  |
| 4.5 Расчет общей себестоимости разработки .....  | 100 |
| 4.6 Расчет прибыли .....   | 100 |
| 4.7 Расчет НДС .....   | 100 |
| 4.8 Цена разработки ОКР (НИР).....   | 100 |
| 4.9 Оценка экономической эффективности проекта .....   | 101 |
| Заключение .....   | 102 |
| Список используемых источников.....  | 103 |
| Приложение А (обязательное) Функциональная схема.....  | 105 |
| Приложение Б (обязательное) структурная схема.....   | 106 |
| Приложение В (обязательное) перечень входных/выходных сигналов.....                                    | 107 |
| Приложение Г трехуровневая иерархическая система.....  | 108 |
| Приложение Д (обязательное) схема внешних проводок.....  | 109 |
| Приложение Е (обязательное) алгоритм сбора данных.....   | 110 |
| Приложение Ж (обязательное) Структура человеко-машинного<br>интерфейса.....                            | 111 |

## Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**АСУ –Автоматизированная система управления:** это система основанная на человеко-машинном интерфейсе, призванная обеспечивать сбор и обработку информации, необходимый для управления технологическим процессом. Отличается от автоматической системы тем, что конечное решение принимает не система, а человек. В автоматических системах человек не принимает участия в управлении.

**АСУ ТП–Автоматизированная система управления технологическим процессом :**это система, состоящая из персонала и совокупности оборудования с программным обеспечением, использующихся для автоматизации функций этого самого персонала по управлению промышленными объектами: электростанциями, котельными, насосными, водоочистными сооружениями, пищевыми, химическими, металлургическими заводами, нефтегазовыми объектами и т.д. и т.п.

**Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN) :** это средство связи между ПЛК и датчиками(прим.)

**Мнемосхема:** графический экран на экране оператора, отображающий условно-техническую схему управляемого объекта, а так же состояние параметров. Мнемосхемы реализуются с помощью разных типов средств отображения информации (дисплеи, стрелочные и цифровые индикаторы, проекционная техника и т. д.) и их комплексов. Широко используются на диспетчерских пунктах управления энергетическими объектами и системами, пунктах управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

**Объект управления :** устройство или технологический процесс, на которое оказывается управленческое воздействие.

**ПЛК – программируемый логический контроллер:** Представляет собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления предназначен для работ в режиме реального времени.

**Протокол:** это набор правил, соглашений, сигналов, сообщений, регламентирующий взаимодействие между сопрягаемыми объектами.

**ТЗ–Техническое задание:** Утвержденный в установленном порядке документ, в котором изложены требования, параметры и основные эксплуатационные характеристики проекта, объекта или системы, входящие в основу разработки автоматизированной системы.

**ТП–Технологический процесс:** алгоритм связанных между собой действий , выполняющихся при возникновении исходных данных и протекающий до конечного результата.

Архитектура автоматизированной системы – абстрактное представление АСУ, включает модели компонент (устройств, программных компонент) и взаимосвязи между ними.

**SCADA:** программное обеспечение , предназначенное для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации с объекта мониторинга и управления.

**HART:**Протокол использует принцип частотной модуляции для осуществления обмена данными на скорости 1200 Бод. Он позволяет передавать одновременно аналоговый и цифровой сигнал, используя при этом одну и ту же пару проводов. Мало того, к одной паре проводов может быть подключено несколько устройств. Модулированный сигнал накладывают на токовую несущую аналоговой токовой петли от 4 до 20 мА.

**Modbus:** это коммутационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»

### Цветовые обозначения



Красный

Аварийный



Оранжевый

Предупредительны  
й



Зеленый

Рабочее состояние



Серый

Неактивный  
(резервный)

## Введение

Для увеличения качества и эффективности наблюдения за происходящими процессами в нефтегазовой отрасли применяются автоматизированные системы управления. Разработка автоматизированной системы это труд большого количества людей, результатом которого является успешное решение сложнейших и практически невыполнимых задач в нефтегазовой отрасли.

На текущий момент уже разработаны и реализованы успешные проекты, в которых схемы установки подготовки нефти имеют достаточную степень автоматизации и обеспечивают максимальный контроль затехнологическими параметрами, за исключением блока сепарации. В данной дипломной работе реализовано новое решение для блока сепарации, с установкой новейшего оборудования, в которые входят ПЛК, преобразователи с унифицированными сигналами, приборы общающиеся по протоколу HART с унифицированным сигналом от 4 до 20 мА, с использованием других видов первичных преобразователей. Используемые промышленные интерфейсы и протоколы свободно интегрируются в любые современные системы.

В настоящей выпускной квалификационной работе решается задача модернизации автоматизированной системы БПГ (сепарации факельной системы) установки комплексной подготовки нефти.

## **1 Требования к создаваемой системе**

### **1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП**

АСУ ТП создается для решения задач по автоматизированному контролю за технологическими процессами, оборудованием в реальном времени. При соответствии всех норм безопасного ведения технологического процесса.

Цели создания АСУ ТП:

- оперативное управление, наблюдение за параметрами и протекающими процессами;
- обработка данных с датчиков о состоянии технологического процесса, состоянии технологического оборудования и исполнительных механизмов (клапанов, задвижек);
- повышение технических и экономических показателей работы производства;
- автоматическое (по написанным алгоритмам) и автоматизированное (по командам с пульта управления) управление. Предусматривающее соответствие требованиям и нормам безопасного ведения технологического процесса.

### **1.2 Назначение системы**

Обеспечение основных функции системы АСУ ТП блока сепарации установки комплексной подготовки нефти.

АСУ ТП обеспечивает функции:

- автоматическое отображение и регистрацию измерительной и технологической информации;
- автоматический контроль значений измеряемых величин, включение предупредительной сигнализации при их выходе за допустимые пределы;
- управления насосами газожидкостной смеси.
- автоматический контроль и учет состояния запорной арматуры;

- дистанционное управление запорной арматурой;
- автоматический контроль достоверности информации, правильности выполнения вычислений и команд управления;
- автоматическое обнаружение отказов технических и программных средств, нарушений измерительных каналов;
- контроль технологических параметров насосов газожидкостной смеси и газа.

### **1.3 Требования к системе**

С точки зрения «вертикальной» организации АСУ ТП должна содержать три уровня:

- средний (контроллерный) уровень (станция управления с ПЛК);
- верхний (системный) уровень (серверы, АРМ оператора);
- нижний (Уровень КИП) уровень (датчики давления, температуры).

#### **Нижний уровень**

На нижнем уровне располагаются приборы КИПиА и исполнительные механизмы, включающий в себя:

- полевые датчики и исполнительные механизмы;
- аппаратура местного управления и сигнализации.

#### **Средний уровень**

Средний уровень образуют устройства сбора, обработки и передачи полученной информации от устройств нижнего уровня на верхний уровень и от верхнего уровня на нижний. Устройства среднего уровня располагаются в щите АСУ ТП. Структурная схема АСУ ТП представлена в приложении Б.

#### **Верхний уровень**

К верхнему уровню относится АРМ оператора.

Программное обеспечение АРМ оператора АСУ ТП основано на SCADA Simplight.

Верхний уровень АСУ ТП обеспечивает выполнение следующих функций:

- организация и координация вычислительных процессов, реализующих задачи контроля и управления технологическим процессом;
- ведение и хранение баз данных (журнала событий), хранение значений уставок;
- представление операторам в графической форме в реальном времени информации о процессах и состоянии основного и вспомогательного оборудования;
- взаимодействие со смежными системами управления и безопасности.

#### **1.4 Требования к техническому обеспечению**

Все внешние элементы технических средств, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения, а сами технические средства – иметь защитное заземление.

Автоматизированная система должна иметь возможность изменения в структуре, путем добавления модулей ввода-вывода, коммутационных, модулей способствующих интеграции в другие системы. Резервных каналов ввода/вывода не должно быть меньше 15 процентов.

Предусмотреть защиту технических средств уровнем не менее IP56 (от влаги и пыли). Следует предусмотреть взрывозащищенное исполнение датчиков, для устанавливаемых в системе. Предусмотреть используемые средства с искробезопасными цепями, либо оборудовать дополнительными средствами с гальванической развязкой для обеспечения необходимого уровня искробезопасности. При выборе датчиков, чувствительные элементы которых контактируют с агрессивной средой, следует предусмотреть коррозионностойкое исполнение, либо для их защиты необходимо использовать метод разделения сред.

ПЛК стоит выбирать в модульном исполнении. Расширение системы должно быть простым и не требовать больших вложений. В доступные модули для контроллера должны входить дискретные, аналоговые, коммутационные, сетевые коммутационные, модули связи с базами данных.

### **1.5 Требования к метрологическому обеспечению**

Относительная расширенная неопределённость измерений(пределы допускаемой относительной погрешности при доверительной вероятности 0.95) для датчиков давления составляет 1%.

Относительная расширенная неопределённость измерений(пределы допускаемой относительной погрешности при доверительной вероятности 0.95) для датчиков температуры составляет 0.2%.

Для измерения уровня следует применять ультразвуковой уровнемер, погрешность измерения которого должна быть менее 1%.

### **1.6 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение системы должно позволять выполнение всех требований, изложенных в Техническом задании.

Для решения задачи автоматизации системы, её контроле и управлении, в данном случае – БПГ (сепарации факельной системы) УКПГ, осуществляется с помощью специального программного обеспечения, исполняемого в реальном времени технологического процесса.

Программное обеспечение системы должно включать:

- системное программное обеспечение (СПО)
- прикладное программное обеспечение (ППО)

Для выполнения функций должны использоваться стандартные выпускаемые программные продукты ведущих производителей в области автоматизации специального и системного программного обеспечения. Все программное обеспечение должно быть лицензировано. При выборе

программного обеспечения необходимо обеспечивать совместимость между программными продуктами в части информационного обмена. При возможности необходимо использовать локализованные версии программных продуктов.

Системное программное обеспечение должно включать:

- встроенное базовое программное обеспечение контроллеров станций управления;

- операционные системы серверов;

- операционные системы АРМ операторов;

- программные пакеты операторского интерфейса;

- инструментальные средства разработки и обслуживания ППО системы;

- пакет антивирусных программ;

- средства для создания архивных копий и восстановления системы с сохраненного образа диска.

Прикладное программное обеспечение должно включать:

- конфигурационные файлы контроллеров станций управления;

- модули для генерации сводок и отчетов;

- приложения операторского интерфейса, сконфигурированные для АРМ оператора.

Качество прикладного программного обеспечения должно обеспечиваться за счет:

- обеспечения полноты исходных данных для разработки программного обеспечения системы;

- применения стандартного программного обеспечения ведущих мировых производителей с мощными средствами разработки, отладки, диагностики и документирования разрабатываемого программного обеспечения;

- применения проверенных программных решений из имеющейся у разработчика библиотеки программных модулей и алгоритмов;
- проверки прикладное программное обеспечение на этапе заводских испытаний системы;
- проведения комплексной проверки прикладного программного обеспечения на этапе испытаний Системы на объекте;
- выполнения наладки прикладного программного обеспечения квалифицированными специалистами организации, выполнявшей разработку этого ППО;
- наличия функций самодиагностики прикладного программного обеспечения в процессе работы системы;

### **1.7 Требования к математическим методам**

Математическое обеспечение включает такие функции как:

- алгоритмы блокировок и защит;
- алгоритмы управления клапанами (задвижками);
- алгоритмы управления насосными агрегатами.

Алгоритмы должны быть выполнены в виде таблицы причинно-следственных связей.

### **1.8 Требования к информационному обеспечению**

система, в общем виде, содержит реляционную БД и промышленную БД реального времени, что позволяет осуществлять хранение следующих основных параметров:

- графические тренды значений технологических параметров, поступающих в систему от первичных преобразователей;
- расчетных алгоритмических значений и событий;
- журнал событий и аварий системы;

– значений параметров с возможностью вывода за определенный период.

Должна быть обеспечена связь для обмена информацией между всеми компонентами системы. Для этого необходимо создать единую распределенную базу данных, которая обеспечивает обмен данными между элементами системы, которыми являются:

- контроллеры;
- АРМ оператора;
- серверы;

Связь между уровнями системы должен обеспечивать стандартные промышленные технологии, например ModbusTCP/IP.

Взаимодействие со смежными системы должно обеспечиваться стандартными промышленными технологиями, например ModbusTCP/IP.

Контроллеры должны обеспечивать постоянный сбор данных о состоянии объекта автоматизации и передаваться на пульт оператора.

Контроллеры должны обеспечивать постоянную обработку данных для цепей контроля и управления технологическим процессом.

Система должна иметь единую систему классификации и кодирования на верхнем уровне для всех параметров .

Средством представления информации оператору являются цветные графические мнемосхемы.

## **2 Разработка и подбор компонентов системы**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Функциональная схема блока сепарации приведена в приложении А

Факельный сепаратор — горизонтальная цилиндрическая емкость, внутри которой находятся уголковая и вертикальная сетчатая насадки. Емкости оснащены карманами, штуцерами для оборудования КИП и А, а также закрывающимся отверстием для удобства ремонта оборудования. Газожидкостная смесь подается на вход аппарата через штуцер входа. После этого газ проходит на уголковую насадку для равномерного распределения потока по сечению аппарата и частичного отделения капельной жидкости. Дальнейшая очистка газа от жидкости происходит в вертикальной сетчатой насадке и зоне гравитационного осаждения. Отделенная жидкость выводится через штуцер в дренажную емкость.

Сепараторы факельные служат для выделения капельной жидкости из газа, поступающего на факел. Сепараторы входят в состав факельной системы при устройстве газовых и газоконденсатных месторождений. Сепараторы применяются для эксплуатации в условиях слабокоррозионных сред. Перечень входных/выходных сигналов (аналоговых, дискретных, связи) приведен в приложении В.

### **2.2 Разработка структурной схемы АС**

Для безопасного и качественного ведения технологического процесса необходимо собирать информацию о давлении, температуре, уровне, а так же производить переключения исполнительных механизмов (клапанов, электрозаввижек)

Трехуровневая структура автоматизированной системы построена по трёхуровневому иерархическому принципу, в соответствии с требованиями ТЗ, приведена в приложении Г.

Подсистема нижнего уровня АСУ ТП включает в себя:

- «полевой» КИП – первичные средства измерения и датчики технологических параметров, устанавливаемые непосредственно на оборудовании и трубопроводах;

- вторичные приборы датчиков технологических параметров и средств измерения;

- исполнительные механизмы;

- искробезопасные барьеры и блоки питания;

- приборы световой и звуковой сигнализации установленные «по месту»,

Датчики служат для преобразования значений физических параметров процесса в стандартный электрический сигнал для передачи в контроллер. Датчики-сигнализаторы параметров выдают дискретный сигнал на контроллеры. Отборные устройства обеспечивают контакт чувствительных элементов датчиков непосредственно с контролируемой средой и отключение его при необходимости. Исполнительные механизмы реализуют команды управляющего контроллера в перемещение регулирующего органа или в изменение состояния технологического оборудования (включен/выключен, изменения скорости вращения привода).

Подсистемы среднего уровня по функциональным признакам подразделяется на следующие категории:

Распределенная система управления (в дальнейшем РСУ), базирующаяся на микропроцессорной технике, предназначенной для управления технологическим процессом совместно с оперативным персоналом в режиме реального времени, и предоставления информации в виде технологических данных, трендов, отчетов;

Система противоаварийной защиты (в дальнейшем ПАЗ), базирующаяся на микропроцессорной технике повышенной надежности, предназначенной для предотвращения аварийных ситуаций, и автоматического перевода

технологического процесса в безопасное состояние при возникновении предаварийных ситуаций;

ПАЗ и РСУ строятся на базе программно-технического комплекса резервированной системы с поддержкой Hart протокола как для РСУ так и для ПАЗ и осуществляют:

- непрерывный опрос датчиков;
- масштабирование параметров;
- первичное преобразование сигналов;
- диагностику модулей УСО;
- выдачи данных в общезаводскую сеть

Контроллеры TREI-5B-05 обладают высоким уровнем надежности, время наработки на отказ более 10000 часов, высокой производительностью и быстродействием.

Контроллеры обеспечивают:

Прием сигналов от следующих датчиков:

- аналоговых датчиков с сигналом от 4 до 20 мА;
- дискретных датчиков типа "сухой контакт" (длительность фиксируемых сигналов от 30 мс).

– формирование управляющих сигналов от 4 до 20 мА для управления исполнительными механизмами.

– формирование дискретных управляющих сигналов постоянного тока=24В (в том числе импульсных от 2 мс до 130 секунд, время перехода из одного состояния в другое не более 30 мс).

– индикаторы состояния, облегчающие диагностику их работоспособности, а также поиск неисправностей.

– первичную фильтрацию входных сигналов, исключающих срабатывания ПАЗ от случайных и кратковременных изменений.

- постоянный контроль параметров процесса и поддержания их заданных значений.

–предупреждение и предотвращение развития аварийных ситуаций, и обеспечение перевода технологического процесса в безопасное состояние.

–функционирование программы управления технологическим процессом в соответствии с логикой алгоритма управления.

–вычисление расчетных параметров характеризующих технологический процесс.

– контроль состояния оборудования (насосы, задвижки)

–автоматическое управление дискретными исполнительными механизмами.

–взаимодействие с верхним уровнем - АРМ операторов.

Подсистема верхнего уровня. В состав верхнего уровня входит следующее оборудование:

– резервированный сервер АСУ ТП;

– резервированные станции оператора;

– коммуникационное оборудование и технологическая ЛВС;

Подсистема верхнего уровня представляет собой рабочие места оператора (АРМ оператора).

Рабочее место оператора обеспечивает:

–предоставление информации о ходе технологического процесса в виде числовых значений параметров, цветовой индикации состояния оборудования, технологических и аварийных сообщений, изменения технологических параметров отражаются на экранах мониторов. В качестве форм представления информации используются фрагменты схем автоматизации (мнемосхемы), панели управления, графики и тренды, окна сообщений и событий.

–сбор, хранения и обработку базы данных технологических параметров, а также архивация параметров охватывает период не менее чем за 1 год работы.

–управление технологическим процессом путём выбора режима работы и изменения уставок, возможность остановки и пуска отдельных насосов, открытия и закрытия задвижек.

–индикацию о выходе параметра за рамки технологического режима, предаварийных и аварийных значений параметров с выдачей сообщения, звукового сигнала и изменения цвета параметра и требующих квитирования, а также архивацию события.

–вывод информации о граничных значениях параметров ПАЗ.

–индикацию неисправности канала связи (обрыв, зашкал) с выдачей сообщения, указывающего канал.

–индикацию крайних положений дискретных исполнительных механизмов системы.

–звуковую сигнализацию, оповещения о предаварийных и аварийных ситуациях

–протокол действий оператора (архив событий) и заданий технологического режима.

–ограничение действий оператора по управлению процессом в случае срабатывания ПАЗ и автоматический перевод технологической системы в безопасное состояние.

–ограничение доступа к управлению и данным системы в соответствии с системой индивидуальных паролей;

–отображение информации, контроля и управления технологическим процессом.

– верхний уровень представлен локальной сетью которая объединяет между собой АРМ оператора, сервер ввода-вывода. АРМ оператора оснащен операционными системами (ОС) Windows10, антивирусным ПО и программным обеспечением SCADA Simplight.

Верхний уровень обеспечивает выполнение функций:

– сбор и обработку данных с контроллеров;

- формирование таблицы событий с привязкой к реальному времени;
- функцию синхронизации времени для всех подсистем и обеспечения общего времени в системе;
- формирование технологической базы данных (БД);
- предоставление человека-машинного интерфейса для непосредственного взаимодействия оператора с автоматизированной системой управления.

Структурная схема управления автоматизированной системой приведена в приложении Б.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации является набором технологических схем, в которых отражены структуры протекающих процессов каждого из отдельного компонента автоматического регулирования технологического процесса. На функциональной схеме условно показаны все протекающие процессы важные для ведения технологического контроля, управления с АРМ оператора, сигнализации разрабатываемой системы. При помощи направляющих линий функциональной связи реализовано отображение каналов взаимодействия между элементами системы.

Функциональная схема автоматизации выполнена с соблюдением требований приведенным в ГОСТ 21.404–13 и содержится в приложении А. На схеме выделены каналы измерения (1,2,3,8,11,12) и каналы управления (4-5, 6-7, 9-10). Контур 4-5 и 9-10 реализуют автоматическую стабилизацию уровней в первом и втором отсеках сепаратора. Контур 6-7 реализует автоматическое поддержание давления в выходном трубопроводе газа на факел.

## 2.4 Перечень функций, реализуемых системой.

Все рассматриваемые в данном документе автоматизируемые функции являются основными исходными данными, на основе которых разрабатываются алгоритмы и программное обеспечение для проектируемой АСУ ТП.

Основными функциями, используемыми для реализации объемов автоматизации технологических процессов, являются следующие:

- контроль параметров;
- визуализация;
- сигнализация;
- управление;
- регулирование;
- защита и блокировка;
- регистрация;
- диагностика;
- защита информации и разграничение прав доступа.

Функция "контроль параметров" включает в себя:

- контроль параметров по месту;
- дистанционный контроль параметров;
- обработку токового сигнала от 4 до 20 мА;
- обработку цифрового сигнала;
- обработку сигнала типа "сухой контакт";
- прием информации по протоколу Modbus RTU;
- вычисление.

Функция "визуализация" включает в себя:

- индикацию текущего значения контролируемого параметра;
- индикацию состояния оборудования;
- индикацию положения запорной и регулирующей арматуры.

Функция "сигнализация" включает в себя:

- предупредительную световую сигнализацию отклонения значений параметров от нормы (предаварийные значения);

- аварийную светозвуковую сигнализацию предельных значений параметров;

- квитирование звукового сигнала;

- запись предаварийных и аварийных сообщений в электронном журнале событий.

Функция "управление" включает в себя:

- местное и дистанционное управление исполнительными механизмами и оборудованием;

- управление запорной арматурой;

- включение светозвуковой сигнализации;

- квитирование светозвуковой сигнализации.

Функция "регулирование" включает в себя реализацию закона ПИД-регулирования.

Функция "защита и блокировка" включает в себя:

- отключение технологических систем или отдельного технологического оборудования по сигналам ПАЗ;

- блокировку (запрет) включения оборудования;

- блокировку (запрет) открытия /закрытия запорной арматуры.

Функция "регистрация" включает:

- сохранение необходимых текущих значений технологических и учетных параметров в реальном масштабе времени;

- автоматическую регистрацию действий оператора-технолога;

- запись предаварийных и аварийных сообщений в журнале событий.

Функция "диагностика" включает:

- определение неисправности при отказе в управлении;

- получение диагностической информации от средств внутренней диагностикитехнологического оборудования (дискретные сигналы, MODBUS протокол);
- определение исправности датчиков и их линий связи (контроль на обрыв, КЗ, расширенная диагностика по HART-протоколу);
- системные сообщения от ПЛК (код ошибок, локализация отказа до уровня модуля);
- служебные сигналы от коммутаторов сети передачи данных;
- режимы работы серверного оборудования (основной, резервный, остановлен).

Функция " защита информации и разграничение прав доступа " включает:

- защиту баз данных и программного обеспечения от несанкционированного доступа;
- разграничение прав доступа определяет возможности пользователя:
- "Администратор" - полный доступ к Системе;
- "Оператор" - все функции управления, без изменений предельных и аварийных уставок;
- "Инженер" - изменений предельных и аварийных уставок, временных функций без функций управления;
- "Гость" - только просмотр.

## **2.5 Разработка схемы информационных потоков**

Система управления блоком подготовки газа обеспечивает интеграцию со следующими системами и оборудованием:

- контроллер;
- сервер ввода-вывода;
- интеллектуальные датчики , преобразователи, электрофицированные задвижки по соответствующим цифровым и аналого-цифровым протоколам;

– АРМ оператора.

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

Перечень параметров, которые передаются на сервер ввода-вывода:

- температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе, °С;
- объем газа на выходе факельного сепаратора, м<sup>3</sup>/ч;
- давление в факельном сепараторе, МПа;
- уровень нефти в факельном сепараторе, мм;
- давление коллектора, МПа;
- объем поступающей газожидкостной смеси в факельный сепаратор, м<sup>3</sup>/ч;
- скорость двигателя, м/с.

Элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (TAG), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAAA\*BBBB\*CCCC\*DDDD,

где

1) AAAA – параметр, не более 4 символов, принимает следующие значения:

- DAV – давление;
- TEMP – температура;
- LVL – уровень;
- RASH – расход;
- UPRA – управляющий сигнал;
- SKOR – скорость;

2) BBBB – код технологического аппарата (или объекта), не более 4 символов:

- TRUB – трубопровод;
- N1/1 – насос Н-1/1;
- N1/2 – насос Н-1/2;

– RD02 – регулятор давления К-2;

– FASP – факельный сепаратор.

3) CCCCC – код технологической установки, может иметь не более 5

СИМВОЛОВ:

– VHODS – входной трубопровод в факельный сепаратор;

– VIHS – выходной трубопровод из факельного сепаратора;

– VSAS – всасывающий коллектор;

– VHODK – вход нагнетательного коллектора;

– GAZ – газ;

– GAZS – газожидкостная смесь;

– VAL – вал двигателя.

4) DDDD – примечание, не более 4 символов:

– REGU – регулирование;

– LHO0 – верхний предел аварийной сигнализации;

– LLO0 – нижний предел аварийной сигнализации;

– LHO – верхний предел предупредительной сигнализации;

– LLO – нижний предел предупредительной сигнализации.

Знак \* в данном представлении является разделителем частей идентификатора. Перечень входных/выходных сигналов приведен в приложении В.

## **2.6 Аппаратура передачи данных**

Сетевое оборудование.

Для возможности интеграции в общезаводскую технологическую сеть используется клиент-серверная архитектура по сети Ethernet. Для обеспечения этой функции применяются промышленные коммутаторы FL SWITCH SFNT 16TX - 2891952

– 16 портов в узком металлическом корпусе с резервным входным напряжением;

- автосогласование скорости и режима работы, а также автоматическая коммутация упрощают установку и монтаж;
- функции безопасности при использовании фиксатора для кабеля;
- локальные светодиодные индикаторы состояния;
- порты RJ45 обеспечивают скорость передачи 10/100 Мбит/с; оптические порты - 100 Мбит/с.

#### Функции коммутаторов

- построение линейных и звездообразных структур сети Industrial Ethernet;
- поддержка функций автокроссировки для всех соединительных кабелей, подключаемых к портам RJ45.

#### Запуск и диагностика

Диагностические светодиоды каждого модуля позволяют контролировать:

- наличие напряжения питания;
- состояния коммуникационных портов;
- передачу данных;
- состояние сигнального контакта.

## **2.7 Выбор средств реализации БПГ**

Для реализации проекта автоматизированной системы, необходимо выбрать программно-технические средства, имеющие совместимость по коммутационным и системным требованиям.

Программно-технические средства автоматизированной системы БПГ включают в себя: первичные преобразователи, исполнительные механизмы, контроллер, а также системы сигнализации, сервер ввода-вывода.

## 2.7.1 Выбор контроллерного оборудования

В качестве контроллерного оборудования были рассмотрены следующие виды:

- Siemens SIMATIC S7-300;
- TREI-5B-05;
- AllenBredley.

Для решения данной задачи было выбрано контроллерное оборудование Российского производителя TREI, контроллер TREI-5B-05 (рисунок 1). TREI является инжиниринговой компанией, которая в своей области составляет достойную конкуренции таким мировым лидерам, как ABB, Yokogawa, Foxboro, Siemens и ведущим российским и зарубежным фирмам. Выбор основан на том, что рассмотренные аналоги дороже по техническому вводу в эксплуатацию, но для малых задач автоматизации, достаточно использовать выбранный нами контроллер, он полностью удовлетворяет заданному техническому заданию.



Рисунок 1 – ПЛК TREI-5B-05

Устройства программного управления серий TREI-5B-04 и TREI-5B-05 предназначены для распределенных систем автоматического контроля, что позволяет использовать информацию различными подсистемами, управления технологическими процессам. Позволяет функционирование без постоянного присутствия обслуживающего персонала для систем управления

большинства технологических объектов. Обеспечивает условия распределения функций управления между организационными уровнями, оптимизацию межуровневых информационных потоков.

Контроллеры нашли огромное применение в нефтегазовой отрасли: нефтепереработка; нефтеперекачивающие станции; газоперерабатывающие станции; коммерческий учет тепла; системы пожарной безопасности; автоматическое пожаротушение; производство строительных материалов, металлургия; энергетика; коммунальная энергетика; мониторинг тепловых сетей; водоснабжение и прочее

Контроллер TREI-5B-05 имеет два исполнения:

- общепромышленное (O);
- взрывозащищенное (Ex).

Вид взрывозащиты – искробезопасная электрическая цепь (уровень ia).

Маркировка взрывозащищенного исполнения [Exia]IIС.

Каждый канал ввода/вывода – активный барьер взрывозащиты, с индивидуальной гальванической развязкой.

TREI-5B-05 – единственные российские контроллеры, получившие TUV сертификат на соответствие европейским нормам для применения на взрывоопасных производствах.

Конструктивное исполнение выполняется на базе унифицированных конструктивов стандарта Евромеханика 19” с высотой модулей 3U.

Особенности контроллера:

- наличие системы сампдиагностики;
- собираемая структура контроллера;
- простая интеграция в качестве модулей расширения и интеллектуальных УСО в системы на базе контроллеров TREI-5B-04;
- монтаж на стандартный металлический профиль( DIN-рейка);
- библиотека программных блоков, алгоритмов для управления и регулирования;

- питание от 24 В сети постоянного тока;
  - резервированное питание в модулях (возможность питания от двух независимых шин);
  - поддержка до 6000 физических каналов ввода-вывода;
  - Интеграция в любые системы из за большого количества модулей связи для таких как : Bluetooth, MODBUSRTU, MODBUSTCP/IP, Ethernet;
  - возможность наращивать число модулей M900 для каналов ввода-вывода на базе шины PT-BUS;
  - последовательный обмен с удаленными модулями УСО, с возможностью дублирования, скорость до 2,5 Мбод;
  - температура окружающей среды от минус 60 до 60 °С;
  - непосредственное подключение каналов ввода-вывода, в том числе и 220 АС;
  - гальваническая развязка 1500 В;
- Технические характеристики TREI-5B-05 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики TREI-5B-05

|   |               |
|---|---------------|
| Номинальное напряжение питания                                    | 24В           |
| Допустимые отклонения напряжения питания                          | От 16 до 28 В |
| Наработка на отказ  | 150 000 часов |
| Уровень и вид взрывозащиты (при использовании барьеров TREI-B700) | [Exia] ИС     |
| Flash disk  | [Exia] ИС     |
| Количество каналов ввода/вывода                                   | до 6000       |
| Количество модулей ввода/вывода:                                  | до 255        |
| Степень защиты оболочки   | IP20          |
| - W900, подключаемых к мастер-модулю по шине PT-BUS               | до 3          |

Продолжение таблицы 1 – Технические характеристики TREI-5B-05

|   |   |
|---|---|
| - W900, подключаемых к интеллектуальному модулю по шин RT-BUS   |   |
| - M900 на каждую линию ST-BUSM                                  | до 4  |
| - M902E   | от 32 Мб до 2 Гб  |
| - M911E   | 4 Мб  |
| - M912E   | 256 Мб  |
| - M915E   | 128 Мб  |
| Шина ST-BUSM  | RS-485  |
|   | Полный дуплекс/ полудуплекс/<br>полудуплекс с дублированием |
| Скорость обмена по шине ST-BUSM, кбит/с                         | 2,4/ 9,6/ 19,2/ 115/  |
|   | 250/ 625/ 1250/ 2500  |
| Индикация входов/выходов по каждому каналу                      | есть  |
| Каналы связи с внешними устройствами                            | RS-232, RS-485, Ethernet,                                   |
| Электрическая прочность изоляции относительно цепей питания, В: |   |
| - для цепей каналов ввода/вывода                                | до 1500   |
| - для цепей шин ST-BUSM и RS-485, не менее                      | 1000  |
| Напряжение питания, В   |   |
| - номинальное   | 24  |
| - допустимое отклонение   | от 16 до 28   |
| Наработка на отказ, часов, не менее                             | 150 000   |
| Степень защиты оболочки (по ГОСТ 14254)                         | IP20  |
| Рабочий диапазон температуры окружающего воздуха, °С            |   |
| - типовой   | от 0 до 60  |
| - опционально   | от минус 60 до 60   |

Модуль M941A (рисунок 2) предназначен для обмена данными по HART протоколу с приборами низовой автоматики (преобразователями информации, датчиками, исполнительными устройствами и т.п) и для аналогового ввода тока от 4 до 20 мА.



Рисунок 2 – Модуль М941А

Модуль М941А обеспечивает ввод сигнала от 4 до 20 мА по 2-х проводной линии от токового датчика (активного или пассивного), а также двусторонний цифровой обмен данными по той же линии в соответствии со спецификацией HART. Модуль позволяет подключать интеллектуальные датчики и исполнительные устройства с HART протоколом в стандарте Bell-202, а также датчики, использующие токовую петлю от 4 до 20 мА и не поддерживающие HART протокол.

Датчики с HART протоколом можно устанавливать вместо аналоговых и использовать преимущества цифрового обмена в уже существующих аналоговых системах.

Модуль М941А позволяет производить удаленную диагностику и настройку устройств с HART протоколом. Это дает преимущества в зимний период времени, когда доступ к датчикам затруднен метеороусловиями, а так же находятся вне зоны доступного обслуживания, на больших расстояниях от диспетчерского центра, также в условиях вредных и опасных производств.

Технические характеристики модуля приведены в таблице 2

Таблица 2 – Технические характеристики модуля М941А

|   |            |
|---|------------|
| Количество каналов                                  | 16         |
| Диапазон входного сигнала, мА                       | от 4 до 20 |
| Пределы допускаемой погрешности:                    |            |
| - дополнительной приведенной температурной, %/10 °С | ±0,1       |
| - основной приведенной, %                           | ±0,1       |
| Адресация модуля                                    | 8 битная   |

## Продолжение таблицы 2 – Технические характеристики модуля М941А

|  |                   |
|--|-------------------|
| Индикация  | по каждому каналу |
| Напряжение питания модуля, В номинальное допустимое отклонение   | от 16 до 28       |
| Тип внешнего интерфейса  | ST-BUSM           |
| Электрическая прочность изоляции цепей ST-BUSM относительно цепей питания, В, не менее                   | 1000              |
| Электрическая прочность изоляции цепей каналов аналогового ввода относительно цепей питания, В, не менее | 1000              |
| Потребляемая мощность, Вт, не более  | 1,8               |
| Габаритные размеры модуля, мм  | 188x128x61        |

### 2.7.2 Выбор устройств измерения

В соответствии с техническим заданием необходимо подобрать датчики с унифицированным сигналом от 4 до 20 мА, с возможностью подключения к ним по протоколу HART. Так же необходимо соблюдать требования по коррозийности чувствительного элемента приборов, которые будут контактировать с агрессивными средами. Датчики должны иметь взрывозащищенное исполнение. Цепи питания должны быть искробезопасными.

#### 2.7.2.1 Датчики давления

Выбор преобразователя давления происходил из следующих моделей :

- DMD 331-A-S-LX/HX;
- АИР-10SH;
- ЭЛЕМЕР-АИР-30;
- Курант ДД.

Сравнительные данные приведены в таблице 3

Таблица 3 – Сравнительная таблица датчиков давления

| Критерии выбора                   | DMD 331-A-S-GX/AX        | AIP-10SH                | ЭЛЕМЕР-АИР-30      | Курант ДД   |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| Измеряемая среда                  | Газ, жидкость, пар       | Газ, жидкость, пар      | Газ, жидкость, пар | Газ, жидкость, пар  |
| Диапазоны пределов измерений, МПа | От 0 до 25               | От 0 до 60              | От 0 до 60         | От 0 до 25  |
| Предел допускаемой погрешности, % | 0,075                    | 0,1                     | 0,1                | 0,15  |
| Перенастройка диапазона           | 1:120                    | 1:40                    | 1:60               | -   |
| Выходной сигнал, мА               | От 4 до 20 +HART         | От 4 до 20 +HART        | От 4 до 20 +HART   | От 4 до 20; от 20 до 4; от 0 до 5; от 5 до 0; от 0 до 20; |
| Взрывозащищенность                | Ex0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6 | ExiaIICT6 X / 1ExdIICT6 | ExiaIICT5X         | –   |
| Температура окружающей среды, °С  | От минус 40 до 100       | От минус 40 до 85       | От минус 20 до 70  | От минус 30 до 50   |
| Степень защиты от пыли и воды     | IP 68                    | IP65 / IP67             | IP54               | IP54, IP55, IP65, IP66                                    |

Из выбранных датчиков нам не подходит «Курант ДД» т.к., он не поддерживает протокол HART. Из оставшихся трех наилучший вариант это DMD 331-A-S-GX/AX (Рисунок 3). Многофункциональный высокоточный интеллектуальный датчик избыточного/абсолютного давления DMD 331-A-S-GX/AX удовлетворяет нашим высоким требованиям. Использование емкостного чувствительного элемента обеспечивает устойчивость к перегрузкам и стабильности в течении длительного периода времени. Датчик имеет большой масштаб перенастройки и соответственно весьма устойчив к перегрузкам большим давлением. Чувствительный элемент (мембрана) выполнена из специализированного сплава и допускается применение в

агрессивных средах. Метрологические параметры, удобное использование, а так же дополнительные возможности обусловлены применением современной элементной базы. Весьма недорогой датчик обладает отличным качеством и обеспечивает все необходимые характеристики.



Рисунок 3 – Датчик давления DMD331-A-S-GX/AX

Преимущества и особенности датчиков давления DMD331-A-S-GX/AX

- Возможность перенастройки диапазона до 1:120
- Дополнительная погрешность, вызванная изменением температуры измеряемой среды: 0.04% ДИ / 10°C
- Встроенный PID-контроллер, локальное конфигурирование
- Самодиагностика
- Основная погрешность 0.075% ДИ
- Долговременная стабильность: 0.15% ДИ / 5 лет
- Соответствие требованиям электромагнитной совместимости
- Независимая установка нуля и диапазона, установка их локально и удаленно
- Дополнительная погрешность, вызванная изменением напряжения питания: менее 0.005% ДИ / В
- Поворотный корпус и дисплей, прочная виброустойчивая конструкция.

- Соответствие требованиям электромагнитной совместимости
- Взрывозащищенное исполнение: искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка (0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6)

На рисунке 4 показана схема включения датчика давления DMD331-A-S-GX/AX

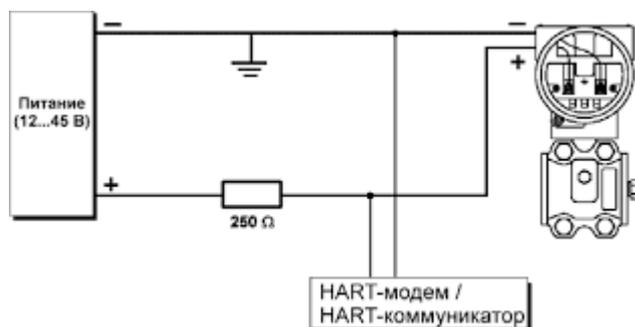


Рисунок 4 – Схема включения DMD331-A-S-GX/AX

### 2.7.2.2 Датчик температуры

Для измерения температуры рассмотрены следующие датчики:

- Rosemount 3144P;
- KOBOLDTWL-R-Exia;
- РОСА-10;
- KOBOLDTDA.

Результаты сравнения занесены в таблицу 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ датчиков температуры

| Критерии выбора                    | Rosemount 3144P                 | KOBOLD TWL-R-Exia               | РОСА-10                         | KOBOLD TDA                      |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Измеряемые среды                   | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды | Нейтральные и агрессивные среды |
| Диапазон измеряемых температур, °С | От минус 50 до 200              | От минус 80 до 600              | От минус 40 до 110              | От минус 50 до 125              |
| Предел допускаемой погрешности     | 0,1%                            | 0,25%                           | 0,1%                            | 0,1%                            |
| Выходной сигнал, мА                | От 4 до 20; +HART               | От 4 до 20; +HART               | От 4 до 20                      | От 4 до 20                      |

Продолжение таблицы 4 – Сравнительный анализ датчиков температуры

|                               |                                 |                   |         |            |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------|------------|
| Критерии выбора               | Rosemount 3144P                 | KOBOLD TWL-R-Exia | POCA-10 | KOBOLD TDA |
| Взрывозащищенность            | Ex (ExiaCT6 X), Exd (1ExdIICT6) | Exd               | ExiaCT6 | -          |
| Срок службы                   | 5 лет                           | 5 лет             | 5 лет   | 5 лет      |
| Степень защиты от пыли и воды | IP67                            | IP68              | IP54    | -          |

Для измерения температуры был выбран термометр сопротивления по Rosemount 3144P (рисунок 5), т.к. по ТЗ удовлетворяет степени защиты, имеется протокол HART, высокий класс точности.



Рисунок 5 – Rosemount 3144P

Измерительный преобразователь температуры Rosemount 3144P обеспечивает лучшие в своей области точность, стабильность и надежность измерений температуры. Его двухсекционный корпус обеспечивает надежность, а возможности расширенной диагностики помогают избежать простоев. Вместе с технологией Rosemount X-well™ и термопреобразователем Rosemount 0085 с креплением при помощи хомута этот преобразователь позволяет точно измерять температуру процесса, не нуждаясь в наличии защитной гильзы или отверстия в трубопроводе. Превосходная точность и стабильность показаний. Возможность работы с двумя и с одним первичным преобразователем (благодаря универсальным входным разъемам (термопреобразователи сопротивления (ТС), термоэлектрические преобразователи (ТП), мВ, Ом) Расширенная диагностика состояния первичного преобразователя и технологического процесса. Сертификация

безопасности IEC 61508. Корпус с двумя отсеками, большой ЖК-дисплей. Выбираемая версия протоколов HART (5 и 7) или FOUNDATION Fieldbus. Оптимизация рабочего процесса возможна благодаря отличным техническим характеристикам и функциональным возможностям прибора. Снижение частоты техобслуживания и улучшение рабочего процесса за счет лучших показателей точности и стабильности. Согласование измерительного преобразователя с первичным преобразователем повышает точность измерений на 75 процентов. Контроль состояния технологического процесса благодаря использованию системных предупреждений и простых в эксплуатации панелей управления устройствами. Простая проверка состояния и параметров устройства на локальном ЖК-дисплее с отображением большой диаграммы в процентах. Высокая надежность и простота установки благодаря самой надежной в отрасли конструкции с двумя отсеками. Оптимизация надежности измерений благодаря применению средств диагностики, разработанных для использования с любым протоколом и любой системой верхнего уровня. Диагностика состояния термопары предоставляет информацию о состоянии контура термоэлектрического преобразователя на предмет необходимости профилактического техобслуживания. Отслеживание температурных максимумов и минимумов обеспечивает регистрацию крайних значений температуры технологического процесса и окружающей среды. Оповещение о дрейфе первичного преобразователя сообщает пользователю о дрейфе показаний первичного преобразователя. Функция Hot Backup обеспечивает резервирование измерения температуры.

#### Технические характеристики Rosemount 3144P

- одноканальные или двухканальные преобразователи с универсальными входами (термопреобразователи сопротивления, термопары, мВ, Ом);
- выходной сигнал от 4 до 20 мА, протокол HART или FOUNDATION™ Fieldbus;

–Корпус с двумя отсеками для монтажа в полевых условиях;

–Индикатор/интерфейс представляет собой широкий ЖК-дисплей с отображением большой диаграммы в процентах и кнопками/переключателями;

–базовые функции диагностики, функция горячей замены Hot Backup, сигнализация дрейфа показаний первичного преобразователя, функция ухудшения состояния термопары, отслеживание температурных минимумов и максимумов;

–согласование измерительного преобразователя и первичного преобразователя методом констант Каллендара–Ван Дюзена;

–сертификация SIL 2/3, сертифицируется согласно IEC 61508 посредством независимой третьей стороны, для применения в опасных зонах и морских применениях, все сертификаты представлены в листе технических данных.

Термометры сопротивления с датчиками, вмонтированными в головку термометра, особенно эффективны, если необходимо передать непрерывный измерительный сигнал на длительное расстояние. Датчик, герметизированный эпоксидной смолой, расположен непосредственно в соединительной головке и передает от 4 до 20 мА линейный температурный сигнал. Датчик, вмонтированный в головку термометра, доступен со стандартными системами коммуникации, такими как протокол HART®, а также протокол Fieldbus.

Термометры сопротивления с резьбовым, фланцевым или приварным присоединением предназначены для измерения температуры жидких, твердых и газообразных сред. Водонепроницаемость данных приборов позволяет успешно использовать их в условиях избыточного и давления и в вакууме. Данные приборы предназначены для применения в системах кондиционирования, охлаждения, в нагревательных системах, строительстве печей, приборостроении и машиностроении, а также во многих других отраслях промышленности. Приборы могут успешно использоваться в

неблагоприятных условиях, так как они снабжены защитой от воспламенения Exd.

### 2.7.2.3 Выбор расходомера

В качестве расходомеров были выбраны расходомеры KOBOLD TME-R, Promass 80/83 E, МИР-01, TRICOR предназначенные для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности. В таблице 5 приведены сравнительные характеристики расходомеров.

Таблица 5 – Сравнение технических характеристик расходомеров

| Техническая характеристика                                     | KOBOLD TME-R     | Promass 80/83 E | МИР-01           | TRICOR           |
|--|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Основная относительная погрешность измерений расхода, не более | ±0,5%            | ±0,75%          | ±0,5%            | ±0,1%            |
| Выходной сигнал, мА  | От 4 до 20; HART | От 4 до 20;     | От 4 до 20; HART | От 4 до 20; HART |
| Протоколы связи с компьютерной средой                          | HART, Modbus,    | Modbus          | HART, Modbus     | HART, Modbus     |
| Средняя наработка на отказ                                     | 150000 часов     | 150000 часов    | 140000 часов     | 140000 часов     |
| Межповерочный интервал   | 4 года           | 4 года          | 4 года           | 4 года           |

Из таблицы 5 измерения расхода

видно, что для будем использовать



## Рисунок 6 – Кориолисовый расходомер TRICOR

Кориолисовые расходомеры серии TRICOR предназначены для измерений массового расхода различных жидкостей. Особенно хорошо расходомер подходит для измерений расхода лаков, химических жидкостей, горючих веществ, эпоксидных компонентов, а также для агрессивных и загрязненных сред.

### Особенности

- Высокая точность измерений расхода:  $\pm 0,1$  процентов;
- Измерение массового расхода, а также объемного расхода, плотности и температуры.
- Применяется для любых жидкостей:
  - пищевые продукты: майонез, шоколад, напитки;
  - нефтепродукты: нефть, бензины, мазут, смолы;
  - лаки, клеи, краски, синтетические смолы;
  - агрессивные и загрязненные жидкости.
- Хорошо промывается и стерилизуется
- Индивидуальная калибровка по 5 контрольным точкам с протоколированием
- HART-протокол (опция), Foundation Fieldbus (опция)

- Программное обеспечение дистанционного управления для Windows XP и Vista

- Рабочая среда: температура до 200 °С, давление до 100 бар (по заказу до 350 бар)

- Улучшенный пользовательский интерфейс

Расходомеры этого типа измеряют одновременно расход массы, расход объема, температуру и плотность.

Благодаря конструкции без «мертвых» зон, расходомер хорошо промывается и стерилизуется. TRICOR расходомеры не содержат подвижных частей и поэтому хорошо работают с загрязненными средами. В зависимости от задач, расходомеры могут поставляться в виде компактной версии с установленным или выносным электронным блоком с кабелем длиной до 30 м. Для компактной версии имеется выносной дисплей (TRD 8001), который может применяться с кабелем длиной до 1000 метров.

#### **2.7.2.4 Выбор уровнемера**

Для решения данной задачи был выбран отечественный уровнемер ТИТАН-270У (рисунок 6). Уровнемер ультразвуковой ТИТАН-270У — это компактный измерительный прибор, состоящий из двух основных частей — уровнемера (блока) и модуля вывода изображения (дисплея). Электроакустический преобразователь уровнемера излучает ультразвуковые импульсы, которые распространяются в направлении к поверхности. Отраженная акустическая волна принимается преобразователем и далее обрабатывается измерительным модулем. Здесь блок интеллектуального анализа проводит фильтрацию сигналов от помех, сопоставление очищенного принятого сигнала с картой ложных отражений (например, от мешалок, лестниц, ребер жесткости) и последующий выбор требуемого отражения (эха). Исходя из продолжительности распространения импульсов к поверхности и обратно и из измерения температуры в резервуаре,

рассчитывается актуальное расстояние до поверхности уровня. В соответствии с значением уровнем устанавливается ток на выходе уровнемера от 4 до 20 мА, также передаваемый по HART-протоколу или по сети RS-485 с протоколом ModbusRTU. Измеренное значение уровня отображается на дисплее уровнемера.



Рисунок 7 – уровнемер ТИТАН-270У

Технические характеристики уровнемера ТИТАН-270У представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики ТИТАН-270У

|   |   |
|---|---|
| Диапазон измерений уровня                                     | От 0,5 до 20 м  |
| Выходной сигнал   | От 4 до 20 мА, HART-протокол<br>RS-485 / ModbusRTU        |
| Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерений | ±0,15 %   |
| Температура окружающего воздуха                               | от минус 40 до 70 °С                                      |
| Регулирование чувствительности измерения                      | 3 степени (LOW — MEDIUM — HIGH)                           |
| Механическое соединение                                       | резьбовое соединение G1"/фланец из<br>алюминиевого сплава |
| Потребляемый ток, не более, мА                                | 20  |
| Средний срок службы, лет                                      | 12 лет  |
| Степень защиты корпуса  | IP67  |
| Маркировка взрывозащиты                                       | 0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X.                       |
| Масса датчика   | 0,3 кг  |

### 2.7.2.5 Выбор датчика–сигнализатора уровня

Для сигнализации достижения предельного уровня газа выберем датчик-сигнализатор уровня. Рассмотрим такие сигнализаторы как: РИЗУР-900, OPTISWITCH 5300, ПМП-066ЕМ

Приведем технические характеристики выбранных датчиков-сигнализатора уровня в таблице 7.

Таблица 7 – сравнение характеристик датчиков

| Технические характеристики    | РИЗУР-900                         | OPTISWITCH 5300     | ПМП-066ЕМ          |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Температура, °С               | От минус 196 до 500               | От минус 196 до 450 | От минус 50 до 125 |
| Давление контролируемой среды | Давление до 6, 16, 25, 35, 45 МПа | От 1 до 160 бар     | 2,5 МПа            |

Для сигнализации уровня будем использовать отечественный датчик-сигнализатор уровня жидкости ПМП-066ЕМ (рисунок 8).



Рисунок 8 – ПМП-066ЕМ

Преобразователи предназначены для контроля уровня заполнения резервуара в нескольких точках (контрольных уровнях) в комплекте с сигнализаторами МС-3..., МС-П... и могут применяться в технологических системах производственных объектов для автоматического управления

перекачивающим насосом, предотвращения переполнения резервуара, автоматического поддержания (регулирования) уровня, контроля герметичности двустенных резервуаров по уровню жидкости в расширительном баке и других целей, требующих повышенной надежности системы контроля уровня жидкости. ПМП могут применяться как в составе систем измерительных «СЕНС», так и в других системах автоматизации. Преобразователь осуществляет изменение состояния (коммутацию, переключение) выходной цепи, при достижении контролируемой средой величины установленного контрольного уровня. Преобразователь имеет взрывозащищенное исполнение в соответствии с требованиями ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах», сертификат соответствия № ТС RU C-RU.AA87.B.00025/18, соответствует требованиям ГОСТ 31610.0 (IEC 60079-0:2011), ГОСТ IEC 60079-1, ГОСТ 31610.11, ГОСТ 31610.26. Конструкция ПМП с маркировкой взрывозащиты «Ga/Gb Ex ia IIВ Т6» выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.0, вид взрывозащиты – искробезопасная электрическая цепь «i» уровня «ia»; уровень взрывозащиты – «особо взрывобезопасный»/«взрывобезопасный». Преобразователь, подключенный ко вторичному прибору (сигнализатору) искробезопасной электрической цепью, может устанавливаться в соответствии с маркировкой взрывозащиты, согласно ГОСТ IEC 60079-14 во взрывоопасных зонах классов 0, 1 и 2 по ГОСТ IEC 60079-10-1, помещений и наружных установок, где возможно образование смесей горючих газов и паров с воздухом категории IIВ по ГОСТ Р МЭК 60079-20-1, температурных классов Т6, Т5, Т4, Т3, Т2, Т1 по ГОСТ 31610.0. Направляющая ПМП, являющаяся разделительной перегородкой, может помещаться в зону класса 0 по ГОСТ IEC 60079-10-1 согласно ГОСТ 31610.26. 1.1.5 Номинальные значения климатических факторов согласно ГОСТ 15150 для вида климатического исполнения

УХЛ1\*, но, при этом диапазон температуры окружающей среды от минус 50 до 60 С.

Таблица 8 – характеристики ПМП-066ЕМ

|  |   |
|--|---|
| Длина направляющей                                 | 6000 мм   |
| Погрешность установки величины контрольного уровня | ± 2мм   |
| Температура окружающей среды, °С                   | от минус 50 до 60   |
| Температура контролируемой среды, °С               | От минус 50 до 125  |
| Давление контролируемой среды, не более, МПа       | 2,5   |
| Степень защиты от влаги и пыли по ГОСТ-14254-96    | IP66  |
| Маркировка взрывозащиты                            | 0Ex ia IIB T6 Ga <sup>2)</sup>                            |
| Масса, ориентировочно, кг                          | Направляющая - 1кг (1м), фланец Ду80 - 5кг, корпус - 1 кг |
| Срок службы, лет                                   | 15  |

### 2.7.2.6 Выбор регулирующего клапана

В данном разделе необходимо выбрать устройство реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа. В качестве регулирующих клапанов были рассмотрены ЭМИ 493725, AumaMatic, RV111.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапанрегулирующий газовый со встроенным приводом ЭМИ 493725 (рис. 8), т.к. Аумара работают полностью открыт/полностью закрыт, а RV111, являются дороже.



Рисунок 9 – регулирующий клапан ЭМИ 493725

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 9

Таблица 9 – технические характеристики ЭМИ 493725

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Основная рабочая среда ГОСТ 5542   | Природный газ                      |
| Тип присоединения  | фланцевое                          |
| Тип конструкции  | поворотно-золотниковый прямоточный |
| Нерегулируемый пропуск среды, не более   | 1%                                 |
| Электромеханизм  | МЭОФ-100/25-0,25 99К               |
| Усилие на рукоятке ручного привода, Н  | От 100 до 250                      |
| Полный угол поворот, град.   | 90°                                |
| Потребляемое напряжение  | 220/380 В, 50-60 Гц                |
| Потребляемая мощность, Вт,   | Не более 250                       |
| Степень защиты по ГОСТ 14254   | IP-54                              |
| <p>Механизм МЭОФ имеет взрывобезопасный уровень взрывозащиты, вид взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка", маркировку взрывозащиты 1ExdПВТ4 и может применяться во взрывоопасных зонах согласно ГОСТ Р 51330.9 и ГОСТ 51330.13 и другим нормативно-техническим документам, определяющим применимость электрооборудования во взрывоопасных зонах, где возможно образование взрывоопасных смесей категории ПА и ПВ групп Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 согласно ГОСТ Р 51330.5.</p> |                                    |

Продолжение таблицы 9 – технические характеристики ЭМИ 493725

|  |  |
|--|--|
| Максимальная температура рабочей среды, °С<br>(К)  | Для углеводородных газов ГОСТ 5542<br>- 60 (333)<br>Для коксовых и доменных газов - 100<br>(273)                                       |
| Минимальная температура рабочей среды, °С<br>(К)   | Для углеводородных газов ГОСТ 5542<br>- минус 60 (213)<br>Для коксовых и доменных газов - 5<br>(278)                                   |
| Температура окружающей среды ГОСТ 15150,<br>°С (К) | УХЛ2 (районы с умеренным и<br>холодным климатом):<br>-40 (313)<br>-минус 60 (213)<br>Т2 (районы с тропическим климатом):<br>- 50 (323) |

Клапан устанавливается в горизонтальном положении и может управляться как автоматически и дистанционно в соответствии с командными сигналами управляющих устройств, регулирующих расход газообразного топлива, так и вручную – непосредственно с исполнительного механизма.

## 2.8 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в приложении Д. В датчиках температуры встроен преобразователь, который преобразовывает изменение сопротивления в изменение выходного унифицированного сигнала от 4 до 20 мА. Расходомер преобразовывает значение массового расхода в унифицированный токовый сигнал от 4 до 20 мА. Датчик давления преобразовывает измерение при помощи чувствительного элемента (сенсора) в унифицированный токовый сигнал от 4 до 20 мА.

В качестве кабеля выбран КВПнг(А)-LS-5е Nx2x0,52. Кабель симметричный для структурированных или одиночных кабельных систем (УТР) категории 5е. Кабель допускается использовать внутри и вне помещений, при условии защиты от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков

–Конструкция;

–Количество пар: 1, 2, 4;

–Диаметр жил: 0,52 мм;

–Жилы: однопроволочные медные;

–Изоляция: сплошной полиэтилен;

–Скрутка: парная;

–Оболочка: ПВХ пониженной пожарной опасности, с низким дымо- и газовыделением, серого или белого цвета.

Электрические параметры

– Электрическое сопротивление жилы при 20 °С, не более: 19,0 Ом/100 м;

– Омическая асимметрия жил в рабочей паре не более: 2 процентов;

– Электрическое сопротивление изоляции жил при 20 °С, не менее: 150 МОм × км;

– Электрическая емкость рабочей пары, не более: 56 пФ/м;

– Емкостная асимметрия пары относительно земли на длине 1 км, не более: 1600 пФ;

– Волновое сопротивление:  $100 \pm 15$  Ом.

При прокладке кабелей систем автоматизации следует соблюдать требования установленные в «правила устройства электроустановок» (ПУЭ) главы 2.3. «Кабельные линии напряжением до 220 кВ»

## 2.9 Описание алгоритмов

Блокировки подразделяются на:

- индивидуальные;
- внешние (связываемые);
- общие.

Индивидуальные блокировки.

К индивидуальным относятся блокировки выполняющие ПАЗ для конкретного механизма (оборудования). Действуют постоянно по заданному алгоритму. Задача данных блокировок предотвратить аварию для конкретного оборудования:

- насосы (температура подшипников, вибрация, давление и т. д.);
- резервуары (максимальный или минимальный уровень).

Внешние блокировки.

К внешним (связываемым) относятся блокировки выполняющие ПАЗ для конкретной технологической задачи (операции). Блокировки связывают несколько единиц оборудования (объектов) в пределах выполняемой технологической операции. Действуют на протяжении времени выполнения технологической задачи. Задача данных блокировок предотвратить аварию для конкретной технологической операции. Перед выполнением технологической операции, оператор включает (выбирает) необходимые блокировки которые связывают:

- из какого резервуара;
- каким насосом;
- куда (сепаратор или резервуар, и т.д.).

Данные блокировки выбираются из блокировок насоса при определении из какого резервуара и куда будет качать насос.

Внешние блокировки добавляются к индивидуальным.

Общие блокировки.

К общим относятся блокировки выполняющие ПАЗ для всего оборудования. Действуют постоянно по заданному алгоритму.

Задача данных блокировок предотвратить аварию.

Общая блокировка по сигналу "Пожар" - перевод всех исполнительных механизмов в безопасное состояние, запрет выполнения всех алгоритмов.

Общие блокировки имеют приоритет над индивидуальными и внешними блокировками.

### **2.10.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения температур в сепараторе. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения температуры в сепараторе представлен в приложении Е.

В первую очередь идет запуск подпрограммы инициализации показаний термопары. Далее идет запуск подпрограммы проверки на достоверность входного сигнала, как правило идет проверка на обрыв линии или на кз. После этого запускается подпрограмма масштабирования показаний, чтобы перевести от 4 до 20 мА в °С. Далее идет цикл проверки изменилась ли температура в сепараторе, если нет, то переходим в конец, если изменилась то формируется и отправляется пакет данных с выводом информации на дисплей. При этом идет проверка на максимально предельный уровень, максимально допустимого и минимально допустимого уровней.

### **2.10.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром**

ПИД регулирование является основным способом автоматического управления параметрами системы. Обеспечивает высокое быстродействие, реакцию на изменение параметров. Служит для поддержания значения в необходимом диапазоне при возмущении и возникновении внешних

факторов. ПИД-регулятор фиксирует отклонение регулируемой величины от заданной уставки и выдаёт управляющее воздействие, являющееся суммой трёх элементов регулирования, П регулирование - пропорциональное отклонение, И регулирование - интеграл отклонения и Д регулирование – дифференциальная составляющая соответствующая пропорциональному производному отклонения.

Процесс регулирования давления обеспечивается следующим алгоритмом. На вход блока управления поступают исходное значение (уставка)  $y^*(t)$  и текущее  $y(t)$  значение давления. Блок управления вычисляет рассогласование  $e(t) = y^*(t) - y(t)$ , на основе которого формирует управляющий сигнал  $u(t)$ , подаваемый на вход регулирующего устройства.

Уставка по давлению сравнивается с текущим значением давления, полученным по обратной связи с датчика давления. По разнице регулятор уровня формирует задание для положения регулирующего устройства. Заданное положение сравнивается с показаниями, полученными от датчика положения клапана. На основе разницы положения, блок управления формирует сигнал на исполнительный механизм.

Так как частота регулируется из соотношения входного тока от 4 до 20 мА и частоты от 0 до 300 кГц, то коэффициент передачи будет 15. Постоянная времени была взята из технической документации преобразователя. Коэффициент передачи электропривода обоснован как отношение частоты при 300 кГц и максимальной частоты вращения 600 об/мин, поэтому коэффициент принят 0,002, а постоянная времени определена из технической документации, по кривой разгона.

Подставив численные значения в выражения получаем:

ПФ частотного преобразователя:

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

Где  $W_{\text{чп}}$  – передаточная функция частотного преобразователя

$K_{\text{чп}}$  – коэффициент передачи

$T_{\text{чп}}$  – постоянная времени

ПФ электропривода:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot p + 1} = \frac{0,002}{0,08 \cdot p + 1}$$

Где  $W_{\text{дв}}$  – передаточная функция двигателя

$K_{\text{дв}}$  – коэффициент передачи

$T_{\text{дв}}$  – постоянная времени

Таблица 10 – Значения параметров передаточной функции

|                      |          |
|----------------------|----------|
| f, м <sup>2</sup>    | 0.031416 |
| d, м                 | 0.2      |
| L, м                 | 3        |
| Q, м <sup>3</sup> /с | 3        |
| Δp, Мпа              | 0,16     |
| g, м/с <sup>2</sup>  | 9.8      |
| γ, кг/с              | 800      |

На рисунке 10 предоставлена структурная схема регулирования в среде Matlab.

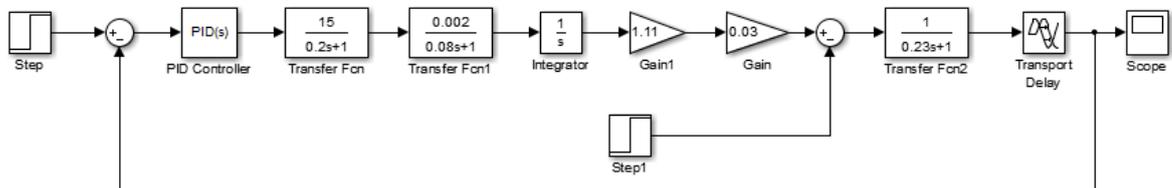


Рисунок 10 – структурная схема регулирования

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора в среде Matlab для получения

приемлемой характеристики переходного процесса. Приближенные значения составляют:  $K_p = 0.0057$ ;  $K_d = 0.0055$ ;  $K_I = 0.000087$

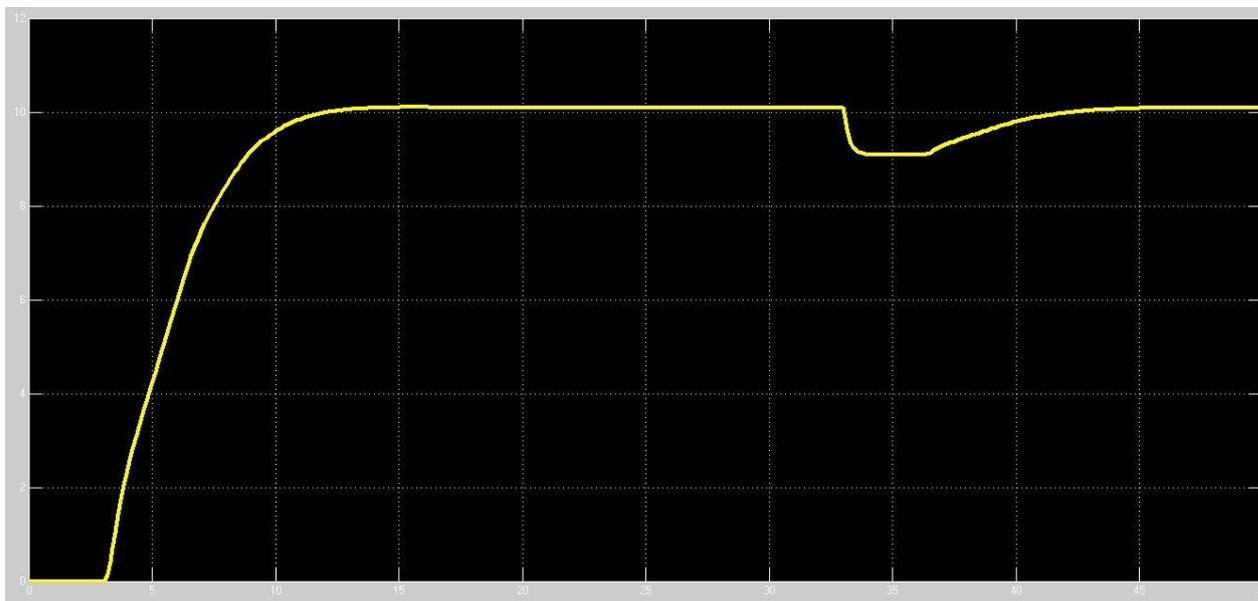


Рисунок 11 – График переходного процесса

Смоделировав процесс и получив график переходного процесса, можно наблюдать, что его время составляет 12 сек, так же в случае возникновения внешнего воздействия, ПИД регулятор моментально отработывает разницу и значения поддерживается в заданном диапазоне.

### 2.11.1 Экранные формы автоматизированной системы БПГ

Верхний уровень с управлением автоматизированной системы реализовано с использованием SCADA Simplight. Она предназначена для систем работающих в реальном времени, реализация проектов на серийно выпускаемых контроллерах, что делает обслуживание системы недорогим и эффективным. Отвечает жестким требованиям в надежности и безопасности, также обеспечивает возможность интеграции оборудования различных производителей с использованием OPC-технологии. Иначе, выбранная SCADA позволяет выбирать устройства нижнего уровня с широким спектром аналоговыми и цифровыми выходами, что обеспечивает гибкость

проектируемых систем. Это позволяет интегрировать в систему внешние независимые компоненты сторонних производителей.

### 2.11.2 Разработка экранных форм автоматизированной системы блока сепарации.

АРМ позволяет раграничивать права доступа к отдельным компонентам мнемосхем, что позволяет исключить доступ к важным разделам системы у оператора низкой квалификации. Для входа необходимо ввести персональный пароль в приложение компоненте верификации, нажав на соответствующий компонент, в правом верхнем углу экрана. Пользователь

Нам доступна панель выбора с переходом на соответствующие подсистемы:

- кнопка «СПРАВКА» – вызов меню «Справка»;
- кнопки-индикаторы «Н-1/1», «Н-1/2», – при нажатии открывается мнемосхема с отображением состояния соответствующего насосного оборудования, цветовая схема сигнализирует о том, что насос находится в работе, либо неактивен;
- Индикаторы уровня сигнализируют соответствующей цветовой гаммой при достижении нижнего/верхнего допустимого/аварийного уровня.
- Радиальный индикатор показывает текущее значение измеренного давления.

Вид главного меню представлен на рисунке 12.

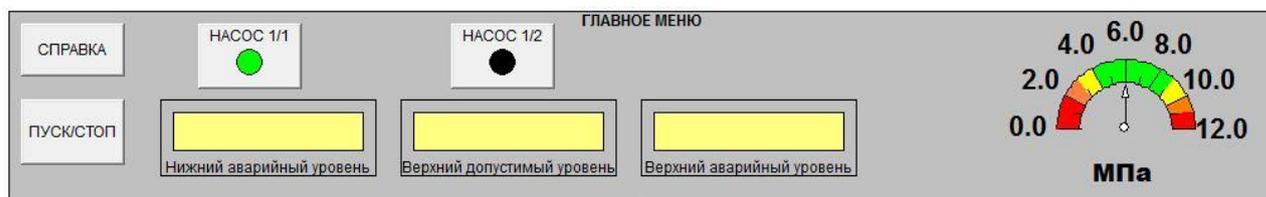


Рисунок 12 – вид главного меню

### 2.11.3 Область видеокadra

Видеокadры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокadров входят:

- мнемосхемы, на которых отображаются основные элементы системы необходимые для управления технологическим процессом;
- табличные формы, предназначенные для отображения различной технологической информации, не входящей в состав мнемосхем, а также для реализации карт ручного ввода информации (уставок и др.).
- всплывающие окна отдельных элементов управления для настройки режима работы, изменения уставок;

На мнемосхемах АРМ оператора доступны следующие элементы:

- факельный сепаратор;
- насос;

На элементе «Факельный сепаратор» отображаются такие параметры и состояния как:

- измеряемые значения системы;
- измеряемые параметры трубопроводов;
- состояние и режим работы задвижек.

### 2.11.4 Мнемознаки

На рисунке 13 представлен мнемознак аналогового параметра:

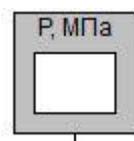


Рисунок 13 – мнемознак аналогового параметра

В центральной части мнемознака отображается значение аналогового параметра в необходимых единицах.

Приняты следующие цвета основной для отображения аналогового параметра:

- серый цвет – параметр выведен из работы (замаскирован);
- коричневый цвет – позиция выведена в ремонт;
- желтый цвет – параметр находится в границах предельно допустимого значения;
- красный цвет – параметр находится в границах аварийных значений;

При преодолении границ предупредительных или аварийных значений , мигание сигнала будет означать то, что оператору необходимо обратить на него внимание и произвести квитирование, подтвердив , что он принял это во внимание.

Мнемознак задвижка имеет следующие цветовые обозначения:

- зеленый цвет – сигнализирует о том, что задвижка открыта;
- желтый цвет – сигнализирует о том, что задвижка закрыта;
- периодическое мигание задвижки зеленым цветом, сигнализирует о том, что задвижка в данный момент находится в движении и открывается;
- периодическое мигание задвижки желтым цветом, сигнализирует о том, что задвижка в данный момент находится в движении и закрывается;
- серый цвет – неопределенное состояние.
- коричневый цвет – задвижка выведена в ремонт

Условное обозначение факельного сепаратора показанона рисунке 14:

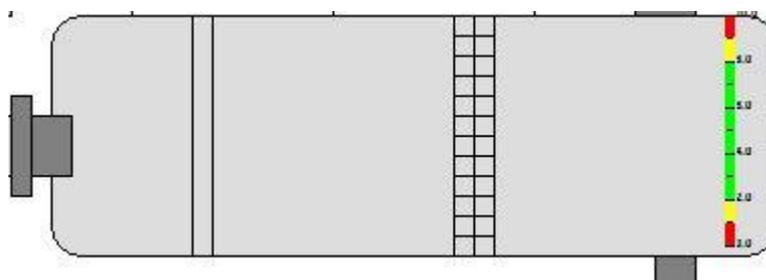


Рисунок 14– факельный сепаратор

Условно-графическое отображение сепаратора серого фона используется для визуального отображения, как дискретных состояний, так и предельных значений аналогового параметра, и принимает следующий вид:

- состояние 1 – красный цвет – предельный аварийный уровень (верхнее либо нижнее значение);
- состояние 2 – желтый цвет – предупредительный уровень (верхнее либо нижнее значение);
- состояние 3 – зеленый цвет – нормальное состояние;

Элемент лампочка имеет следующие цветовые обозначения:

- красный цвет – предельный аварийный уровень;
- желтый цвет – предупредительный уровень;
- серый цвет – параметр в норме.

Структура человеко-машинного интерфейса приведена в приложении Ж.

### **3 Социальная ответственность**

Организация и улучшение условий труда на рабочем месте является одним из важнейших резервов производительности труда и экономической эффективности производства. Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В настоящей работе объектом исследования является автоматизированная система управления блоком сепарации факельной системы установки подготовки газа. 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. Система располагается непосредственно на объекте, в отдельном диспетчерском центре управления.

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

К правовым нормам трудового законодательства можно отнести рабочий режим, наблюдение за технологическим процессом требует присутствие оператора круглосуточно, поэтому необходимо установить сменный график работы. Рекомендуемый график работ следует рассчитывать из 12-часового рабочего времени. Следует учитывать, что согласно ТК РФ работа в течении двух смен подряд запрещается.

### **3.1.1 Эргономические требования к рабочему месту**

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно ГОСТ 12.2.032-78 :

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

### **3.1.2 Окраска и коэффициенты отражения**

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

- окна ориентированы на юг
- стены зеленовато-голубого или светлоголубого цвета, пол – зеленый;
- окна ориентированы на север – стены светло-оранжевого или оранжевожелтого цвета, пол – красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток – стены желто-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета, пол зеленый или красновато-оранжевый.

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

## 3.2 Производственная безопасность

### Профессиональная социальная ответственность

#### 3.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

На основе анализа видов работ выявим источники опасности, т.е. части производственных систем, производственного оборудования и элементы среды, формирующие эти опасности. Данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

| Факторы<br>(ГОСТ 12.0.003-2015)            | Этапы работ |                  |                  | Нормативные документы   |
|--|-------------|------------------|------------------|-------------------------|
|  | Разработка  | Изготовлен<br>ие | Эксплуатац<br>ия |                         |
| Отклонения температуры и влажности воздуха | +           | +                | +                | СанПиН 2.2.4.548 – 96   |
| Недостаточная освещенность                 | +           | +                | +                | СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 |
| Повышенный уровень шумов                   | +           | +                | +                | СН 2.2.4/2.1.8.562-96   |
| Электромагнитные излучения                 | +           |                  | +                | СанПиН 2.2.2/2.4.1340   |
| Электро-безопасность                       |             |                  | +                | ГОСТ 12.1.038-82        |
| Пожаро-взрывобезопасность                  |             |                  | +                | ГОСТ 12.1.004-91        |

#### 3.2.2 Отклонения показателей микроклимата

Высокая производительность и комфорт труда на рабочем месте оператора зависит от микроклимата в производственном помещении. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Санитарные правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест

производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

По степени физической тяжести работа оператора относится к категории лёгких работ. Основные нагрузки на организм – нервно-психологические и зрительные. Так как основным видом работы оператора является работа с прикладным программным обеспечением и технической документацией, то потенциальными источниками опасных и вредных факторов являются персональные компьютеры и мониторы.

В помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата. В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения согласно ГОСТ 21958-76.

При неблагоприятном микроклимате оператор системы может чувствовать повышенную утомляемость, несобранность. Оптимальные условия показателей микроклимата приведены в таблице 13

Таблица 13 – оптимальные величины показателей микроклимата

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | Ia (до 139)                                | От 22 до 24             | От 21 до 25                  | От 40 до 60                        | 0,1                            |
|             | Iб (до 174)                                | От 21 до 23             | От 20 до 24                  |                                    | 0,1                            |
|             | IIa (до 232)                               | От 19 до 21             | От 18 до 22                  |                                    | 0,2                            |
|             | IIб (до 290)                               | От 17 до 19             | От 16 до 20                  |                                    | 0,2                            |
|             | III (более 290)                            | От 16 до 18             | От 15 до 19                  |                                    | 0,3                            |
| Теплый      | Ia (до 139)                                | От 23 до 25             | От 22 до 26                  | От 40 до 60                        | 0,1                            |
|             | Iб (до 174)                                | От 22 до 24             | От 21 до 25                  |                                    | 0,1                            |
|             | IIa (до 232)                               | От 20 до 22             | От 19 до 23                  |                                    | 0,2                            |
|             | IIб (до 290)                               | От 19 до 21             | От 18 до 22                  |                                    | 0,2                            |
|             | III (более 290)                            | От 18 до 20             | От 17 до 21                  |                                    | 0,3                            |

### **3.2.3 Недостаточная освещённость рабочей зоны**

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, также, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующие, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятостью перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

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

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 69 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности согласно ГОСТ 21958-76 и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Требование к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, приведены в таблице 14

Таблица 14 – Нормирование освещённости для работы за ПК

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Освещенность на рабочем столе             | (от 300 до 500) лк           |
| Освещенность на экране ПК                 | не выше 300 лк               |
| Блики на экране                           | не выше 40 кд/м <sup>2</sup> |
| Прямая блескость источника света          | 200 кд/м <sup>2</sup>        |
| Показатель ослеплённости                  | не более 20                  |
| Показатель дискомфорта                    | не более 15                  |
| Отношение яркости:                        |                              |
| – между рабочими поверхностями            | 3:1–5:1                      |
| – между поверхностями стен и оборудования | 10:1                         |
| Коэффициент пульсации:                    | не более 5%                  |

### 3.2.4 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация.

Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБА) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами,

рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине(ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 15

Таблица 15 – допустимые уровни звукового давления

| Помещения и рабочие места             | Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |     |     |     |      | Уровень звука, дБА |
|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|------|--------------------|
|                                       | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 |                    |
| Помещения управления, рабочие комнаты | 79  | 70  | 68  | 55  | 50   | 60                 |

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

### 3.2.5 Электромагнитное излучение

Работа оператора связана с работой за персональным компьютером. В следствии чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 16

Таблица 16 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

| Наименование параметра                 |  | ВДУ ЭМП |
|--|--|---------|
| Напряженность электрического поля      | В диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц    | 25 В/м  |
|  | В диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного поля              | В диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц    | 250 нТл |
|  | В диапазоне частот от 2 Гц до 400 кГц  | 25 нТл  |
| Напряженность электростатического поля |  | 15 кВ/м |

### **3.2.6 Анализ опасных факторов**

### **3.2.7 Электробезопасность**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые

являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В).

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка. Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с СанПиН 2.2.4.548–96 :

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

### **3.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов**

Газовый фактор на месторождении имеет очень высокие показатели. К выполнению измерений и обработке результатов допускаются лаборанты и лица, имеющие среднее специальное или высшее техническое образование.

При работе с газами и газовыми смесями в баллонах под давлением должны соблюдаться правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Для обеспечения безопасного ведения технологического процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- предусмотрено разделение технологической схемы на отдельные технологические блоки;

- для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих– и взрывопожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы предусматривается установка быстродействующих отсекающих устройств с минимальным регламентированным временем срабатывания на трубопроводах с взрыво– пожароопасными веществами;

- светозвуковая сигнализация 1 и 2 порогов загазованности по месту (у входа в укрытие) и в операторной;

- в помещениях и на наружных установках установлены газоанализаторы для непрерывного дистанционного контроля предельно допустимых значений загазованности в помещениях и на наружных площадках станции;

- технологический процесс ведется в герметичных аппаратах;

- производственный процесс автоматизирован;

- в аппаратах и трубопроводах, где возможно превышение технологического давления выше расчетного значения, предусматривается регулирование давления регулирующими клапанами и защита предохранительными клапанами;

- в случае завышения давления в аппаратах и трубопроводах– предусмотрена система сброса углеводородных газов в резервуары хранения товарной нефти;

- размещение зданий, сооружений, оборудования выполнено с учётом–противопожарных разрывов в соответствии с действующими нормами;
- степень огнестойкости зданий, сооружений и их элементов приняты в соответствии с действующими нормами и правилами;
- максимально применено блочное и блочно–комплектное оборудование– заводского изготовления, как более надёжное в эксплуатации;
- контроль и управление технологическим процессом производится из операторной;
- предусмотрены сигнализация и блокировки и при отклонении–технологических параметров от регламентированных значений; технологическое оборудование установлено на металлических– постаменты и на бетонных основаниях;
- применено насосное и другое оборудование с электродвигателями во–взрывобезопасном исполнении согласно требованиям ПУЭ;
- максимально применено автоматизированное оборудование, не требующее постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- для обеспечения возможности автоматического введения в работу насоса, находящегося в горячем резерве выполнена установка электроприводных задвижек на всасе и выкиде насосных агрегатов;
- применена система подачи инертного газа (азота) для продувки–оборудования перед пуском и после остановки оборудования с обязательным контролем ее эффективности путем проведения анализов. Сброс продувок производится через свечи;
- предусмотрена молниезащита и защита оборудования и трубопроводов– от вторичных проявлений молнии и от статического электричества;

– для подключения передвижной паропроизводительной установки к оборудованию для пропарки перед ремонтом предусмотрены разъемные соединения;

– для дренирования жидкости из аппаратов перед их ремонтом предусмотрены дренажные системы;

– в связи с возможностью замерзания трубопроводов в зимний период предусматривается электрообогрев и теплоизоляции надземных участков трубопроводов;

– предусматривается обвалование резервуарных парков;

– площадки выполняются с уклоном в сторону дренажного приямка – для сбора случайных утечек и дождевых вод;

– дыхательная арматура резервуаров и дренажных емкостей имеет огнепреградители;

– подача депрессорной присадки в поток нефти для предупреждения отложений парафинов в аппаратах и трубопроводах;

– подача ингибитора коррозии для снижения коррозионной активности пластовых флюидов в трубопроводах и аппаратах нефти;

– на резервуарах предусмотрены вентиляционные патрубки с огнепреградителями для продувки и выпуска воздуха при гидроиспытаниях, патрубки для пропарки и продувки;

– предусмотрена теплоизоляция аппаратов и поддержание температуры в заданном режиме греющими элементами;

– дренажи аппаратов предусмотрены в закрытую дренажную систему опасных стоков.

Система автоматического контроля и управления технологическими процессами обеспечивает:

– необходимый объём дистанционного контроля, управления и автоматизации объектов, позволяющий исключить необходимость

постоянного нахождения обслуживающего персонала непосредственно у аппаратов и агрегатов;

автоматическую аварийную защиту технологического оборудования при отклонении параметров работы от номинальных значений, что позволяет своевременно предупредить персонал о возможности возникновения аварийного режима работы.

### **3.4 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации блоком сепарации, а именно хранения осушки, очистки, хранения газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу». На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны резервуаров, сепараторов, отстойниках.

#### **3.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Газовый фактор на месторождении имеет очень высокие показатели. В данный момент на одну тонну извлекаемой из некоторых скважин жидкости приходится тысяча с лишним кубометров газа, – своеобразный рекорд компании, на других месторождений которой этот показатель многократно ниже (от десяти до шестидесяти куб. м. на 1 т). Работа станции предотвращает выбросы в атмосферу десятков тысяч тонн продуктов сжигания, в том числе диоксида углерода, относящегося к категории парниковых газов. К настоящему времени уровень утилизации попутного 76

нефтяного газа на месторождении превышает установленную правительством РФ плану в девяносто пять процентов.

### **3.4.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

Процесс лабораторного исследования не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

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

Мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду, условно подразделяются на профилактические и технологические.

Профилактические обеспечивают безаварийную работу оборудования. Технологические способствуют сокращению объемов выбросов и снижению их приземных концентраций.

Общие профилактические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду:

- устройство и озеленение площадки;
- поддержание в полной технической исправности и герметичности–резервуаров и емкостей, содержащих нефть и нефтепродукты, технологического оборудования и трубопроводов;
- планово–предупредительные ремонты технологического оборудования,
- выполняемые по утвержденным планам–графикам специализированными бригадами предприятия; контроль сварных стыков физическими методами;
- гидравлическоеиспытание трубопроводов, резервуаров и оборудования– на прочность и герметичность;
- контролируемый и планируемый слив воды после гидроиспытаний;

- высокие требования к качеству металла труб;
- необходимый запас надежности по толщине стенки труб.

Общие технологические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду:

- покрытие оборудования и трубопроводов антикоррозионной изоляцией;
- защита оборудования от атмосферной коррозии;
- система постоянного контроля регламентированных значений технологических параметров, автоматическое регулирование и система ПАЗ при отклонении от заданных параметров для предупреждения аварийных ситуаций.

### **3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **3.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации – пожар.

#### **3.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований**

Согласно Гост 12.1.004-91 к основным причинам пожаров на ГТЭС можно отнести следующие:

- нарушения правил ведения газоопасных и огневых работ;
- нарушения требований пожаробезопасности при эксплуатации технологического оборудования и систем (загазованность, пирофорные отложения, конденсат);
- неисправность отопительных приборов;
- неисправность и нарушение правил эксплуатации электрооборудования, электросетей;
- разряды статического электричества и грозовые разряды;

- нарушение требований пожарной безопасности при эксплуатации (ремонте) водогрейных отопительных котлов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности обслуживающим персоналом;
- самовозгорание горючих веществ.

### **3.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность ГТЭС в соответствии с требованиями СанПиН 2.11.03-93 и должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения образования на территории ГТЭС горючей газовой среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выброс газа из трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего ГТЭС, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и возгораний.

Газотурбинная электростанция должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, указанными в ППБ 01-93. На территории ГТЭС должны быть установлены знаки пожарной безопасности для обозначения места расположения пожарного инвентаря, оборудования, гидрантов, колодцев и т.д., проходов к нему, а также для обозначения запретов на действия, нарушающие пожарную безопасность.

### **3.6 Вывод по социальной части**

В рамках раздела социальная ответственность были достигнуты следующие результаты:

– рассмотрены правовые и организационные вопросы, выявлены оптимальные условия компоновки рабочей зоны;

– рассмотрен вопрос производственной безопасности, отмечены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации системы. Каждый фактор был рассмотрен отдельно, разработаны мероприятия для снижения их воздействия на эксплуатацию.

– затронут вопрос экологической безопасности, рассмотрены выбросы углеводородов, воздействие технологического процесса на атмосферу.

– Безопасность в чрезвычайных ситуациях, выявлены наиболее вероятные. Проведен анализ возникновения ЧС, выделены меры и действия в случае возникновения.

В результате данной работы был разработан комплекс мер по повышению устойчивости системы. Следуя разработанным мерам и основным нормам, описанным в СанПиН и ГОСТ, можно позволить долговечное, качественное и безопасное использование системы.

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

#### 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 17). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП установки термической доподготовки нефти, существующая система управления УТДН, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;

Таблица 17 – Оценочная карта

| Критерии оценки                                  | Вес критерия | Баллы         |                                 |                                       | Конкурентоспособность |                                 |                                       |
|--|--------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|  |              | Проект АСУ ТП | Существующая система управления | Разработка АСУ ТП сторонней компанией | Проект АСУ ТП         | Существующая система управления | Разработка АСУ ТП сторонней компанией |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности |              |               |                                 |                                       |                       |                                 |                                       |
| Повышение производительности                     | 0,03         | 4             | 1                               | 3                                     | 0,12                  | 0,03                            | 0,09                                  |

Продолжение таблицы 17 – Оценочная карта

|   |      |      |    |    |    |      |      |      |
|---|------|------|----|----|----|------|------|------|
| Удобство эксплуатации                                 | в    | 0,04 | 4  | 1  | 4  | 0,16 | 0,04 | 0,16 |
| Помехоустойчивость                                    |      | 0,05 | 2  | 3  | 2  | 0,1  | 0,15 | 1    |
| Энергоэкономичность                                   |      | 0,07 | 3  | 4  | 2  | 0,21 | 0,28 | 0,14 |
| Надежность  |      | 0,1  | 5  | 2  | 5  | 0,5  | 0,2  | 0,5  |
| Уровень шума  |      | 0,06 | 2  | 3  | 2  | 0,12 | 0,18 | 0,12 |
| Безопасность  |      | 0,1  | 5  | 3  | 5  | 0,5  | 0,3  | 0,5  |
| Потребность в ресурсах памяти                         |      | 0,05 | 4  | 5  | 3  | 0,2  | 0,25 | 0,15 |
| Функциональная мощность (предоставляемые возможности) |      | 0,03 | 2  | 3  | 1  | 0,06 | 0,09 | 0,03 |
| Простота эксплуатации                                 |      | 0,06 | 5  | 3  | 4  | 0,3  | 0,18 | 0,24 |
| Качество интеллектуального интерфейса                 |      | 0,06 | 3  | 1  | 4  | 0,18 | 0,06 | 0,24 |
| Возможность подключения в сеть ЭВМ                    |      | 0,05 | 5  | 1  | 5  | 0,25 | 0,05 | 0,25 |
| Экономические критерии оценки эффективности           |      |      |    |    |    |      |      |      |
| Конкурентоспособность продукта                        |      | 0,03 | 3  | 1  | 3  | 0,09 | 0,03 | 0,09 |
| Уровень проникновения на рынок                        | на   | 0,03 | 2  | 4  | 3  | 0,06 | 0,12 | 0,09 |
| Цена  |      | 0,04 | 3  | 5  | 2  | 0,12 | 0,2  | 0,08 |
| Предполагаемый срок эксплуатации                      | срок | 0,05 | 4  | 3  | 5  | 0,2  | 0,15 | 0,25 |
| Послепродажное обслуживание                           |      | 0,05 | 5  | 3  | 3  | 0,25 | 0,15 | 0,15 |
| Финансирование научной разработки                     |      | 0,03 | 2  | 1  | 2  | 0,06 | 0,03 | 0,06 |
| Срок выхода на рынок                                  |      | 0,04 | 2  | 4  | 5  | 0,08 | 0,16 | 0,2  |
| Наличие сертификации разработки                       |      | 0,03 | 2  | 3  | 5  | 0,06 | 0,09 | 0,15 |
| Итого:  |      | 1    | 67 | 54 | 68 | 3,62 | 2,74 | 3,59 |

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

#### 4.1.2 Технология QuaD

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 18).

Таблица 18 – Оценочная карта QuaD

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение | Средневзвешанное значение |
|---|--------------|-------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |       |                   |                        |                           |
| Повышение производительности                            | 0,03         | 80    | 100               | 0,8                    | 2,4                       |
| Удобство эксплуатации                                   | 0,04         | 80    | 100               | 0,8                    | 3,2                       |
| Помехоустойчивость                                      | 0,05         | 50    | 100               | 0,5                    | 2,5                       |
| Энергоэкономичность                                     | 0,07         | 30    | 100               | 0,3                    | 2,1                       |
| Надежность  | 0,1          | 90    | 100               | 0,9                    | 9,0                       |
| Уровень шума  | 0,06         | 45    | 100               | 0,45                   | 2,7                       |
| Безопасность  | 0,1          | 90    | 100               | 0,9                    | 9,0                       |
| Потребность в ресурсах памяти                           | 0,05         | 65    | 100               | 0,65                   | 3,25                      |
| Функциональная мощность (предоставляемые возможности)   | 0,03         | 40    | 100               | 0,4                    | 1,2                       |
| Простота эксплуатации                                   | 0,06         | 75    | 100               | 0,75                   | 4,5                       |
| Качество интеллектуального интерфейса                   | 0,06         | 85    | 100               | 0,85                   | 5,1                       |
| Ремонтопригодность                                      | 0,05         | 75    | 100               | 0,75                   | 3,75                      |
| Конкурентоспособность продукта                          | 0,03         | 60    | 100               | 0,6                    | 1,8                       |
| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение | Средневзвешанное значение |
| Уровень проникновения на рынок                          | 0,03         | 30    | 100               | 0,3                    | 0,9                       |
| Цена  | 0,04         | 85    | 100               | 0,85                   | 3,4                       |
| Предполагаемый срок эксплуатации                        | 0,05         | 80    | 100               | 0,8                    | 4,0                       |
| Послепродажное обслуживание                             | 0,05         | 75    | 100               | 0,75                   | 3,75                      |
| Финансирование научной разработки                       | 0,03         | 65    | 100               | 0,65                   | 1,95                      |

Продолжение таблицы 18 – Оценочная карта QuaD

|                                 |      |    |     |      |      |
|---------------------------------|------|----|-----|------|------|
| Срок выхода на рынок            | 0,04 | 45 | 100 | 0,45 | 1,8  |
| Наличие сертификации разработки | 0,03 | 20 | 100 | 0,2  | 0,6  |
| Итого:                          | 1    |    |     |      | 66,9 |

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 66,9, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

#### 4.1.3 SWOT – анализ

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

Сильные стороны:

- С1. Конкуренентоспособность проекта;
- С2. Экологичность технологии;
- С3. Более низкая стоимость;
- С4. Наличие бюджетного финансирования;
- С5. Квалифицированный персонал;

Слабые стороны:

- Сл1. Слабый уровень проникновения на рынке;
- Сл2. Отсутствие квалифицированных кадров для поддержки системы у потребителя;
- Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способных построить производство под ключ;
- Сл4. Отсутствие необходимого оборудования;

Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования.

Возможности:

В1. Использование финансирования научной деятельности ТПУ;

В2. Использование существующего программного обеспечения;

В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт;

В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях;

В5. Повышение стоимости конкурентных разработок;

Угрозы:

У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства;

У2. Появление более качественных аналогов;

У3. Ограничения на экспорт технологии;

У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции;

У5. Увеличение цены на используемые ресурсы;

Таблица 19 – SWOT анализ

|             |    | Сильные стороны |    |    |    |    | Слабые стороны |     |     |     |     |
|-------------|----|-----------------|----|----|----|----|----------------|-----|-----|-----|-----|
|             |    | С1              | С2 | С3 | С4 | С5 | Сл1            | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| Возможности | В1 | +               | +  | +  | +  | +  | -              | -   | -   | -   | -   |
|             | В2 | +               | 0  | -  | 0  | +  | -              | -   | -   | -   | -   |
|             | В3 | +               | +  | 0  | 0  | -  | -              | -   | -   | -   | -   |
|             | В4 | 0               | -  | +  | 0  | -  | -              | -   | -   | -   | -   |
|             | В5 | +               | 0  | +  | 0  | -  | -              | -   | -   | -   | -   |
| Угрозы      | У1 | -               | -  | -  | -  | -  | +              | +   | 0   | 0   | +   |
|             | У2 | -               | -  | -  | -  | -  | -              | -   | +   | +   | 0   |
|             | У3 | -               | -  | -  | -  | -  | -              | -   | +   | -   | 0   |
|             | У4 | -               | -  | -  | -  | -  | -              | -   | -   | +   | +   |
|             | У5 | -               | -  | -  | -  | -  | +              | -   | -   | 0   | +   |

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

1) определение структуры работ в рамках научного исследования;

- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                                       | Содержание работ  | Должность исполнителя |
|--|---|-----------------------|
| Разработка технического задания                      | Формирование и утверждение технического задания                 | Руководитель проекта  |
| Выбор направления исследования                       | Обзор и изучение научной литературы                             | Инженер               |
|  | Обзор и изучение существующих исследований. Сбор данных         | Инженер               |
|  | Формирование календарного плана работ                           | Руководитель, инженер |
| Теоретическое и экспериментальное исследование       | Теоретические расчеты и их обоснование                          | Инженер               |
|  | Построение моделей и проведение экспериментов                   | Инженер               |
|  | Анализ и сопоставление теоретических и экспериментальных данных | Инженер               |
| Обобщение и оценка результатов                       | Оценка эффективности результатов                                | Руководитель, инженер |
|  | Определение целесообразности проведения ОКР                     | Руководитель, инженер |
| Разработка технической документации и проектирование | Разработка функциональной схемы автоматизации                   | Инженер               |
|  | Составление перечня вход/выходных сигналов                      |                       |
|  | Составление схемы информационных потоков                        |                       |
|  | Разработка схемы внешних проводок                               |                       |
|  | Разработка алгоритмов сбора данных                              |                       |
|  | Разработка алгоритмов управления АС                             |                       |
|  | Разработка структурной схемы автоматического регулирования      |                       |
|  | Проектирование SCADA–системы                                    |                       |
| Оформление отчета                                    | Оформление расчетно-пояснительной записки                       | Инженер               |

### 4.3 Расчет трудоемкости этапов

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов и видов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко–днях, и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов, поэтому ожидаемое время выполнения работ тоже рассчитывается по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}$$

Где  $t_{ож}$  – трудоемкость выполнения отдельных видов работ, дн;

$t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.

Экспертные оценки и расчетные величины трудоемкости сводятся в таблицу.

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем следующую формулу:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} * K_{д}$$

где  $T_{РД}$  – продолжительность работы в рабочих днях;

$t_{ож}$  – ожидаемая продолжительность выполнения работы;

$K_{вн}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} * T_{К}$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

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

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 10$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 21 – Экспертные оценки и расчетные величины трудоемкости работы исполнителя

| Название работы                          | Исполнители | Продолжительность работ, дни |   |           |   |          |   | Трудоемкость работ по исполнителям чел. - дн. |     |     |     |
|--|-------------|------------------------------|---|-----------|---|----------|---|---|-----|-----|-----|
|  |             | $t_{min}$                    |   | $t_{max}$ |   | $t_{ож}$ |   | Трд   |     | Ткд |     |
|  |             | И                            | Р | И         | Р | И        | Р | И   | Р   | И   | Р   |
| Составление и утверждение ТЗ.            | И,Р         | 1                            | 1 | 2         | 2 | 1        | 1 | 0,6   | 0,6 | 0,9 | 0,9 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | И           | 5                            | - | 9         | - | 7        | - | 4,2   | -   | 6,1 | -   |
| Описание технологического процесса       | И,Р         | 2                            | 2 | 3         | 3 | 2        | 2 | 1,2   | 0,4 | 1,7 | 0,8 |
| Название работы                          | И,Р         | И                            | Р | И         | Р | И        | Р | И   | Р   | И   | Р   |
| Выбор архитектуры АС                     | И,Р         | 5                            | 5 | 8         | 8 | 6        | 6 | 3,6   | 1,8 | 5,2 | 2,6 |

Продолжение таблицы 21 – Экспертные оценки и расчетные величины  
 трудоемкости работы исполнителя

|   |     |   |   |    |    |    |    |      |      |      |      |
|---|-----|---|---|----|----|----|----|------|------|------|------|
| Разработка функциональной и структурной АС              | И   | 4 | - | 6  | -  | 5  | -  | 3    | -    | 4,4  | -    |
| Разработка схемы информационных потоков АС              | И,Р | 1 | 1 | 2  | 2  | 1  | 1  | 0,6  | 0,4  | 0,9  | 0,7  |
| Выбор средств реализации АС                             | И,Р | 4 | 4 | 7  | 7  | 5  | 5  | 3,1  | 1,6  | 4,5  | 2,3  |
| Разработка схемы соединения индикаторы внешних проводов | И   | 5 | - | 9  | -  | 7  | -  | 4,4  | -    | 6,4  | -    |
| Выбор (обоснование) алгоритмов давление управления АС   | И   | 7 | - | 10 | -  | 8  | -  | 5    | -    | 7,3  | -    |
| Разработка ПО для ПЛК                                   | И   | 8 | - | 12 | -  | 10 | -  | 6,1  | -    | 8,8  | -    |
| Разработка экранных форм АС                             | И,Р | 5 | 5 | 10 | 10 | 7  | 7  | 4,3  | 6,2  | 4,3  | 6,2  |
| Разработка и написание руководства пользователя         | И,Р | 3 | 3 | 8  | 8  | 5  | 5  | 3    | 1,5  | 4,4  | 2,2  |
| Подготовка отчета о проделанной работе.                 | И,Р | 4 | 4 | 7  | 7  | 5  | 5  | 3    | 1,5  | 3    | 1,5  |
| Итого   |     |   |   |    |    | 69 | 31 | 42,1 | 12,1 | 61,2 | 17,9 |

Таблица 22 – калндарный план-график проведения НИОКР по теме

| № Ра-бот | Вид работ                | Исполнители  | $T_{ki}$<br>Кал.<br>Дн. | Продолжительность выполнения работ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
|----------|--------------------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|
|          |                          |              |                         | Февр.                              |   | Март |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   | июнь |   |
|          |                          |              |                         | 2                                  | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    | 2 |
| 1        | Составление ТЗ           | Инженер      | 0,9                     | ■                                  |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
|          |                          | Руководитель | 0,9                     | ▨                                  |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 2        | Изучение мат.            | Инженер      | 6,1                     |                                    | ■ | ■    | ■ |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 3        | Описание процесса        | Инженер      | 1,7                     |                                    |   | ■    |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
|          |                          | Руководитель | 0,8                     |                                    |   | ▨    |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 4        | Выбор архитектуры        | Инженер      | 5,2                     |                                    |   |      | ■ | ■ | ■      |   |   |     |   |   |      |   |
|          |                          | Руководитель | 2,6                     |                                    |   |      |   | ▨ |        |   |   |     |   |   |      |   |
| 5        | Разраб. схем             | Инженер      | 4,4                     |                                    |   |      | ■ | ■ | ■      |   |   |     |   |   |      |   |
| 6        | Разраб. схем             | Инженер      | 0,9                     |                                    |   |      |   | ■ |        |   |   |     |   |   |      |   |
|          |                          | Руководитель | 0,7                     |                                    |   |      |   |   | ▨      |   |   |     |   |   |      |   |
| 7        | Выбор средств            | Инженер      | 4,5                     |                                    |   |      |   |   | ■      | ■ | ■ |     |   |   |      |   |
|          |                          | Руководитель | 2,3                     |                                    |   |      |   |   |        | ▨ |   |     |   |   |      |   |
| 8        | Разраб. схем             | Инженер      | 6,4                     |                                    |   |      |   |   |        | ■ | ■ | ■   | ■ |   |      |   |
| 9        | Выбор алгорит.           | Инженер      | 7,3                     |                                    |   |      |   |   |        |   | ■ | ■   | ■ | ■ |      |   |
| 10       | Разраб. ПО               | Инженер      | 8,8                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   | ■   | ■ | ■ | ■    |   |
| 11       | Разр. Экранных форм      | Инженер      | 6,2                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   | ■ | ■    |   |
|          |                          | Руководитель | 4,3                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | ▨    |   |
| 12       | Руководство пользователя | Инженер      | 4,4                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | ■    |   |
|          |                          | Руководитель | 2,2                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      | ▨ |
| 13       | Подготовка отчета        | Инженер      | 3                       |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      | ■ |
|          |                          | Руководитель | 1,5                     |                                    |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |



- Инженер



- Руководитель

#### 4.4 Расчет сметы затрат на разработку АС

Затраты на выполнение комплекса работ по разработке автоматизированной системы рассчитываются суммированием по следующим статьям расходов:

- Материалы, покупные изделия и комплектующие;
- Основная заработная плата работников;

- Социальный налог;
- Затраты на специальное оборудование;

Выполним расчеты по этим статьям.

#### 4.4.1 Расчет затрат на материалы

В данную статью входит стоимость всех материалов, включая расходы на их приобретение и доставку. Стоимость необходимых материалов и комплектующих устанавливается по договорным ценам. Размер транспортно– заготовительных расходов принимается равным 5-20 процентов от стоимости покупных изделий.

Таблица 23 –расчет затрат на материалы

| Наименование материалов | Цена за ед руб. | Кол-во | Сумма, руб. |
|-------------------------|-----------------|--------|-------------|
| Бумага для принтера     | 200             | 2 уп.  | 400         |
| Техническая литература  | 400             | 3 экз  | 1200        |
| Итого                   |                 |        | 1600        |

Допустим, что ТЗР составляют 15 процентов от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $1600 * 1,15 = 1840,00$  руб.

#### 4.4.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Таблица 24 –расчет основной заработной платы

| Исполнитель | Оклад руб./мес. | Среднедневная ставка, руб./раб. День | Затраты времени, раб. Дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|-------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------|
| Р           | 31125           | 1500                                 | 12,1                      | 1,59        | 28 858,5           |
| И           | 17326           | 835                                  | 42,1                      | 1,59        | 55 894,06          |
| Итого       |                 |                                      |                           |             | 84752,56           |

Расчет произведен для 5-дневной рабочей недели.

#### 4.4.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 процентов от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$ . Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 84752,56 * 0,3 = 25425,76$  руб.

#### 4.4.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}$$

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

$Ц_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ  $Ц_{\text{э}} = 6,59$  руб./кВт·час (с НДС).

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ , час | Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$ , кВт | Затраты $Э_{\text{об}}$ руб. |
|---------------------------|---|---|------------------------------|
| Персональный компьютер    | 337*0,8   | 0,3   | 533,00                       |
| принтер                   | 10  | 0,1   | 6,59                         |

Итого затраты на электроэнергию составили 539,59 руб.

#### 4.4.5 Расчет амортизационных расходов

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

Используется формула

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_{\text{а}} * Ц_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{д}}}$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

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

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Стоимость ПК 80000 руб., время использования 102 часа, тогда для него  $C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 80000 \cdot 337 \cdot 1) / 2408 = 4\,478,40$  руб. Стоимость принтера 6000 руб., его  $F_D = 500$  час.;  $N_A = 05$ ;  $t_{pф} = 15$  час., тогда его  $C_{AM}(Пр) = (0,5 \cdot 6000 \cdot 15 \cdot 1) / 500 = 90$  руб. Итого начислено амортизации с руб.

#### **4.4.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов**

Расходы по данной статье расходов отсутствуют.

#### **4.4.7 Расчет прочих расходов**

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

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}} + C_{\text{эл.об.}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч.}} = (1840 + 84752,56 + 25425,76 + 4568,40 + 539,59) \cdot 0,1 = 11712,31 \text{руб}$$

#### 4.5 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта

Таблица 26 –Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат                       | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------------|----------------------|-------------|
| Материалы и покупные изделия        | Смат                 | 1840        |
| Основная заработная плата           | Сзп                  | 84752,56    |
| Отчисления в социальные фонды       | Ссоц                 | 25425,76    |
| Расходы на электроэнергию           | Сэл.об               | 539,59      |
| Амортизационные отчисления          | Сам                  | 4 568,40    |
| Непосредственно учитываемые расходы | Снп                  | 0           |
| Прочие расходы                      | Спроч                | 11712,31    |
| Итого                               |                      | 128 838,62  |

#### 4.6 Расчет прибыли

Расчет прибыли в следствии реализации проекта следует принять в размере от 5 до 20% от полной себестоимости проекта. В нашем случае она составляет 25 767,7 руб. (20%)

#### 4.7 Расчет НДС

НДС составляет 20 процентов от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(128\ 838,62 + 25\ 767,7) * 0,2 = 30\ 921,26$  руб.

#### 4.8 Цена разработки ОКР (НИР)

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае  $C_{окр(нир)(кр)} = 128\ 838,62 + 25\ 767,7 + 30\ 921,26 = 185\ 527,26$

#### **4.9 Оценка экономической эффективности проекта**

Экономический эффект от внедрения системы достигается за счет сокращения числа простоев работы установки, повышения точности проводимых измерений, что в свою очередь приводит к повышению КПД управляемой установки и как следствие к понижению ее эксплуатационных расходов или при необходимости производительности. Так как количественные экономические параметры процесса эксплуатации (например, затраты на содержание обслуживающего персонала) установки не известны, то определение показателей экономической эффективности внедрения разработанной АСУТП в рамках представленной ВКР определить невозможно.

## **Заключение**

В рамках данной выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система блока подготовки газа (сепаратора факельной системы) установки комплексной подготовки газа. Был изучен технологический процесс комплексной подготовки газа, разработал структурную схему и функциональную схему автоматизации блока сепарации газа, определили состав необходимого для реализации АС оборудования. Был исследован рынок российских промышленных датчиков. На базе ПЛК от российского производителя TREI спроектирована система автоматизации блока сепарации. Так же была разработана схема внешних проводок, были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы.

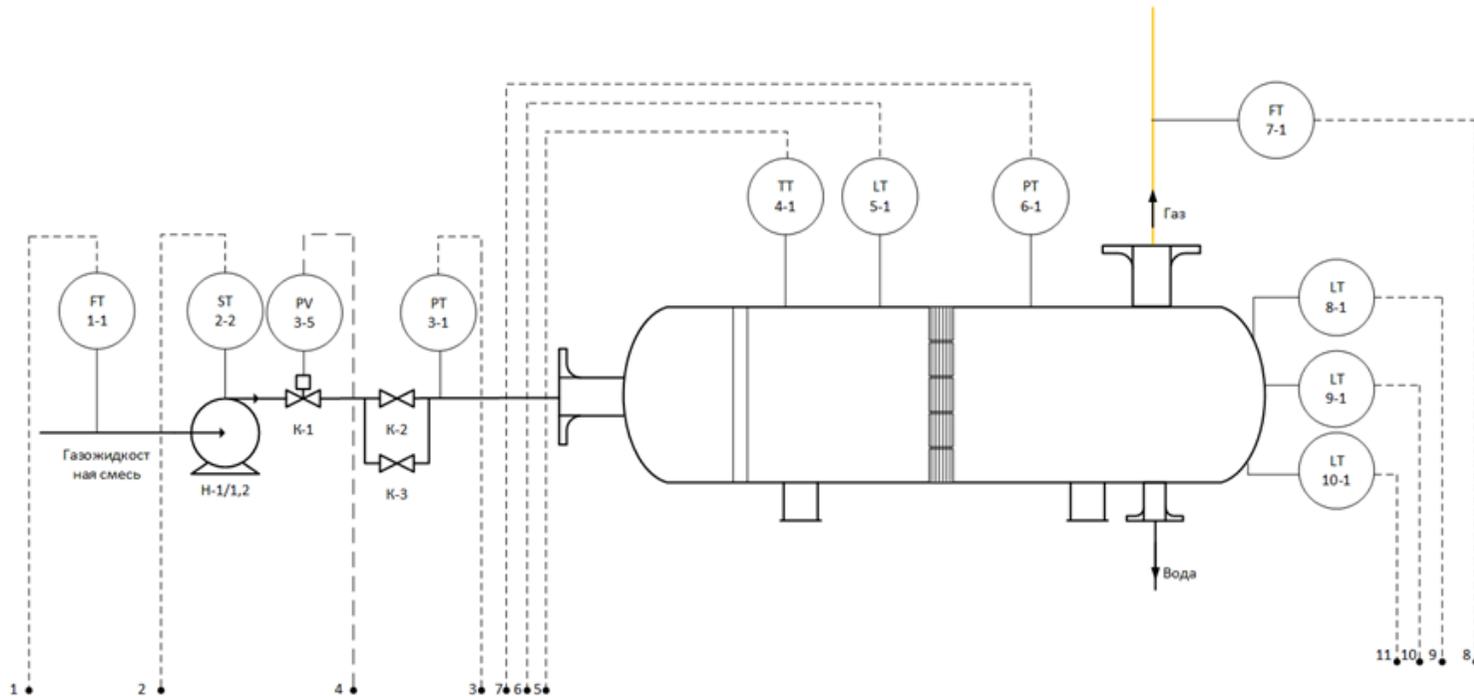
Таким образом, спроектированная САУ блока подготовки газа не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям.

### Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
16. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
17. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.

# Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации

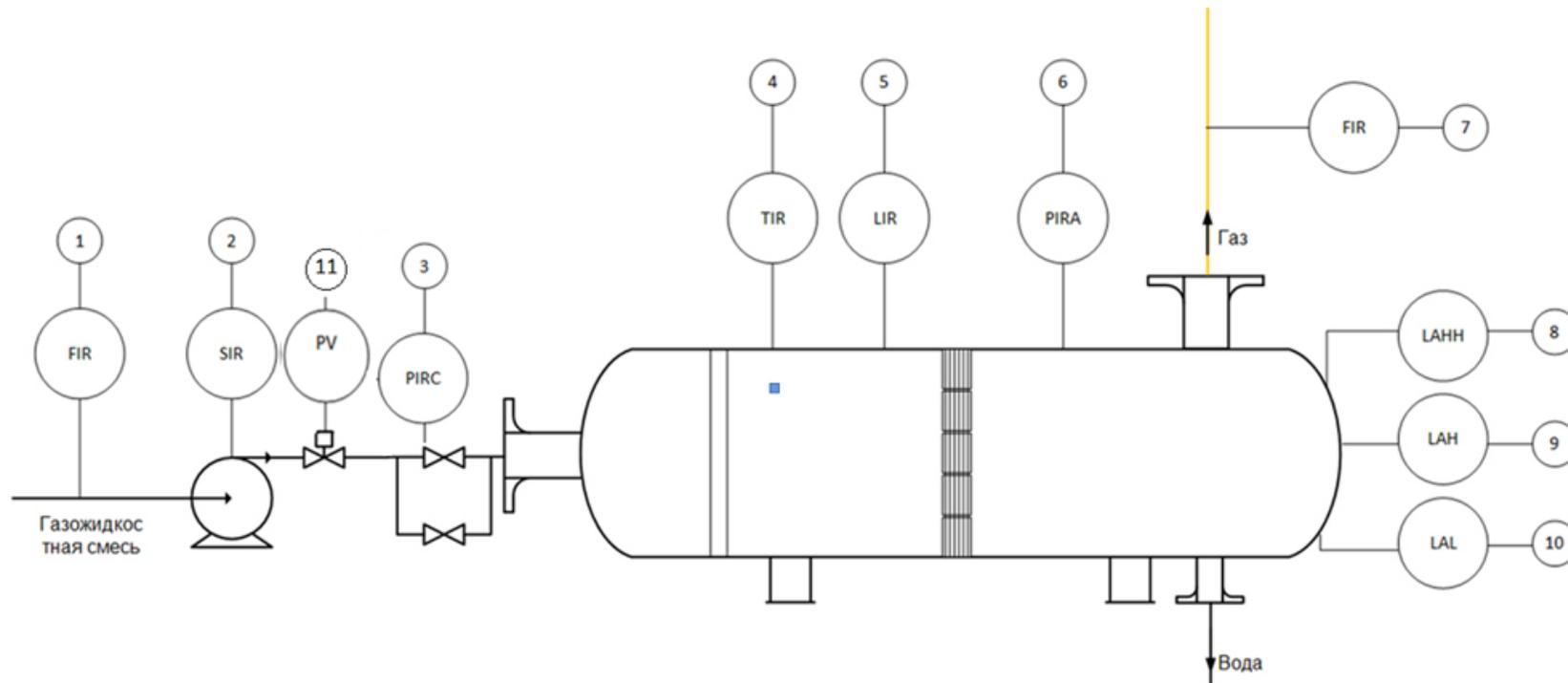


|               | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11          |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
|               | МЗ/ч   | Об/мин | МПа    | %      | °C     | мм     | МПа    | МЗ/ч   | DI     | DI     | DI          |
| Шкаф блоков   |        |        |        | PY 3-4 |        |        |        |        | LA 8-2 | LA 9-2 | LA 10-2     |
| Щит оператора | FI 1-2 | SI 2-2 | PI 3-2 | PC 3-3 | TI 4-2 | LI 5-2 | PI 6-2 | FI 7-2 | HL1    | HL2    | HL3         |
| SCADA         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Мониторинг  |
|               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Регистрация |
|               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Управление  |

Изм. № подл. Подл. и дата. Имя, № док. Взам. инв. №. Подл. и дата. Имя, № подл.

|  |                 |        |       |        |
|--|-----------------|--------|-------|--------|
| Приложение А                               |                 |        |       |        |
| Лиц.                                       | Изм.            | № док. | Подп. | Дата   |
| Разраб.                                    | Ромашев А.М.    |        |       |        |
| Прое.                                      | Кузьминова Е.В. |        |       |        |
| Т. контр.                                  |                 |        |       |        |
| Н. контр.                                  |                 |        |       |        |
| Утв.                                       |                 |        |       |        |
| Схема автоматизации по<br>ГОСТ 21.403-2013 |                 |        |       |        |
|  |                 |        | Лист  | Листов |
|  |                 |        | У     | 9      |
| ТПУ<br>3-8Т51                              |                 |        |       |        |

## Приложение Б (обязательное) Структурная схема



|              |
|--------------|
| Лист и дата  |
| Взам. инв. № |
| Инд. № инст. |
| Лист и дата  |
| Инд. № инст. |

|           |                  |          |       |      |
|-----------|------------------|----------|-------|------|
| Лист      | Изм.             | № докум. | Подп. | Дата |
| Разраб.   | Ложкозеев А.М.   |          |       |      |
| Прое.     | Кузьминская Е.В. |          |       |      |
| Т. контр. |                  |          |       |      |
| Н. контр. |                  |          |       |      |
| Уте.      |                  |          |       |      |

Приложение Б

**Структурная схема  
автоматизации**

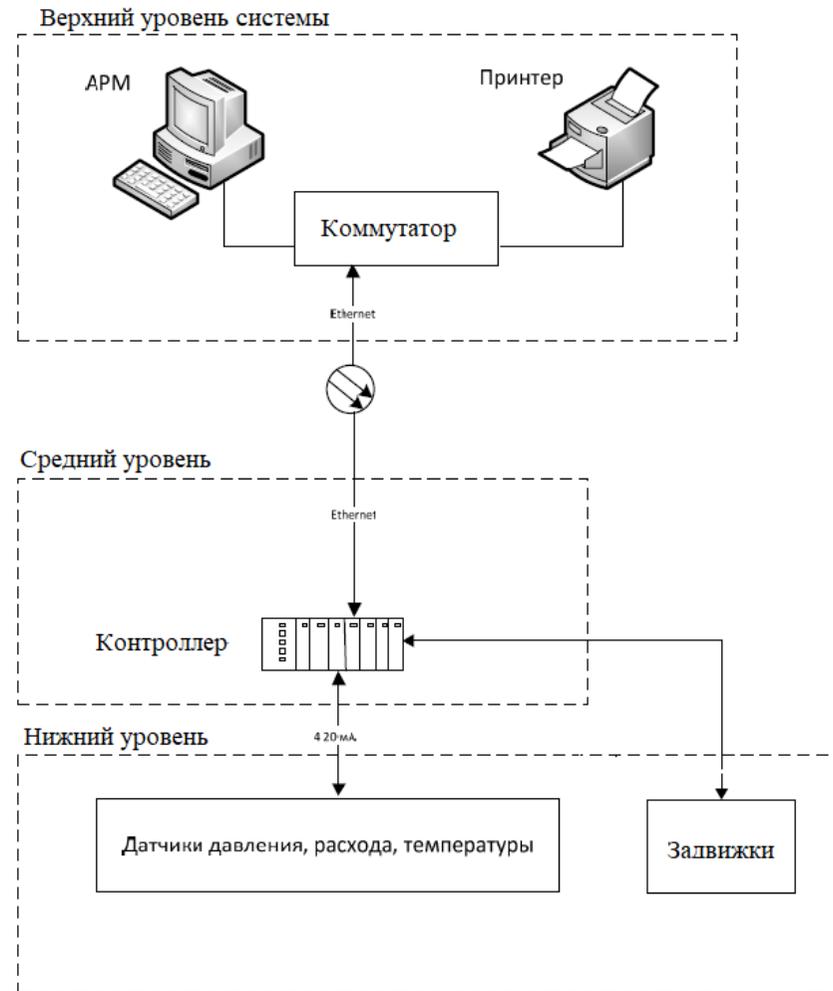
|               |      |        |
|---------------|------|--------|
| Лист          | Лист | Листов |
| у             | 2    | 7      |
| ТПУ<br>3-8Т51 |      |        |

**Приложение В  
(справочное)**

**перечень входных/выходных сигналов**

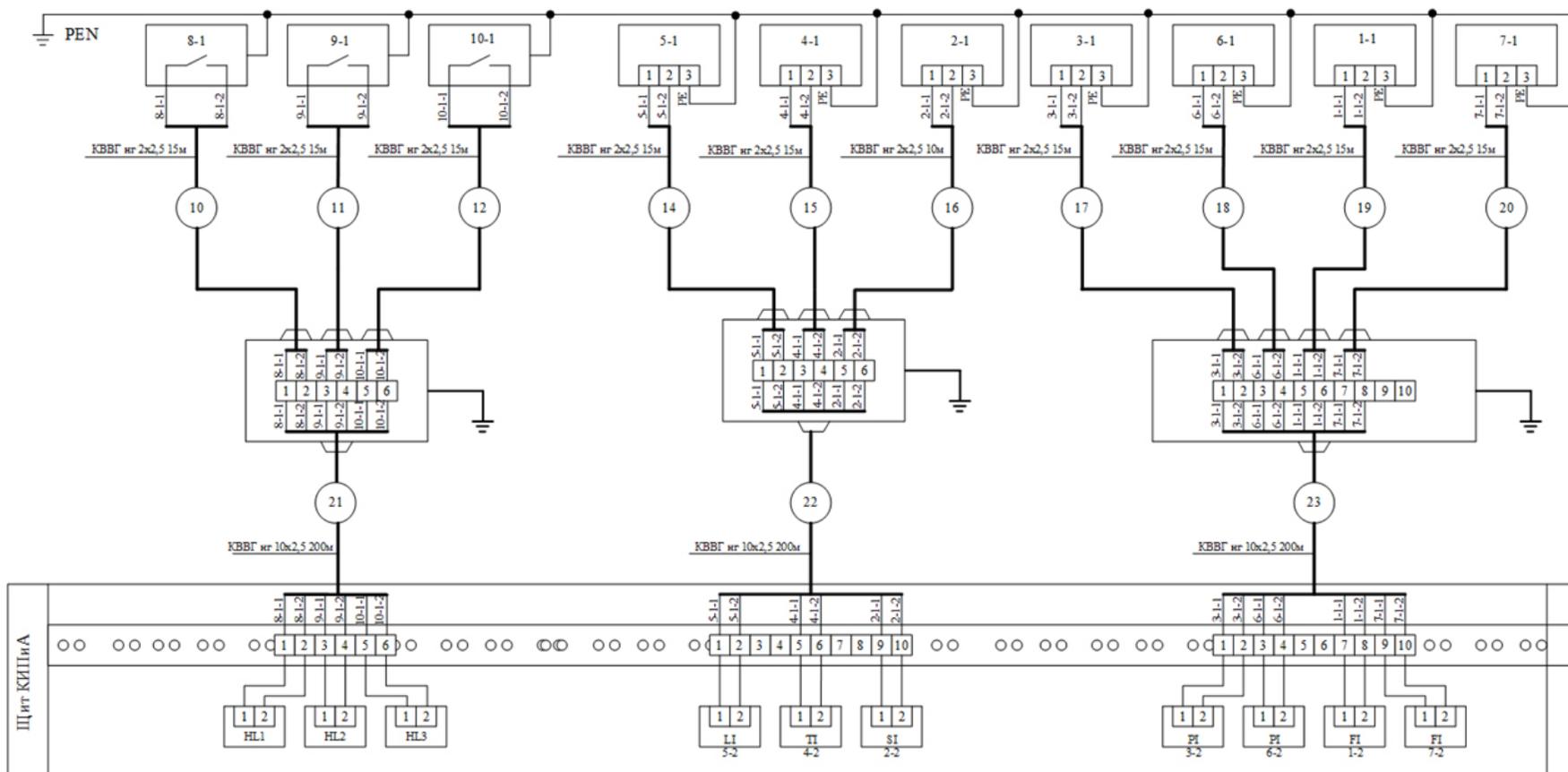
| Наименование сигнала                                 | Идентификатор сигнала | Диапазон измерения | Единицы измерения | Тип сигнала  | Технологические уставки |     |           |     |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------------|-----|-----------|-----|
|  |                       |                    |                   |              | Предупред.              |     | Аварийные |     |
|  |                       |                    |                   |              | min                     | max | min       | max |
| Расход поступающей газожидкостной смеси              | RASH*TRUB*VHODS       | От 0 до 500        | м3/ч              | От 4 до 20мА | +                       | -   | -         | -   |
| Расход газожидкостной смеси на выходе                | RASH*TRUB*VIHS        | От 0 до 500        | м3/ч              | От 4 до 20мА | +                       | -   | -         | -   |
| Давление в коллекторе                                | DAV*N1/1*VHODK        | От 0 до 25         | Мпа               | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         | +   |
| Управление клапаном 1                                | UPRA*RD02*VHODS*REGU  | От 0 до 100        | %                 | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         | -   |
| Уровень газожидкостной смеси в сепараторе            | LVL*FASP*GAZS         | От 0 до 12500      | мм                | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         | -   |
| Нижняя уставка предупредительной сигнализацииуровня  | LVL*FASP*GAZS*LLO     | -                  | -                 | DI           | +                       | -   | -         | -   |
| Верхняя уставка предупредительной сигнализацииуровня | LVL*FASP*GAZS*LHO     | -                  | -                 | DI           | -                       | +   | -         | -   |
| Верхний аварийный уровень                            | LVL*FASP*GAZS*LHOO    | -                  | -                 | DI           | -                       | -   | -         | +   |
| Температура газожидкостной смеси                     | TEMP*FASP*GAZS        | От минус 25 до 50  |                   | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         |     |
| Давление в сепараторе                                | DAV*FASP*GAZS         | От 0 до 25         | Мпа               | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         | +   |
| Частота вращения насоса                              | SKOR*N1/2*VAL         | От 0 до 2000       | об/мин            | От 4 до 20мА | -                       | -   | -         | +   |

# Приложение Г (справочное) трехуровневая иерархическая схема

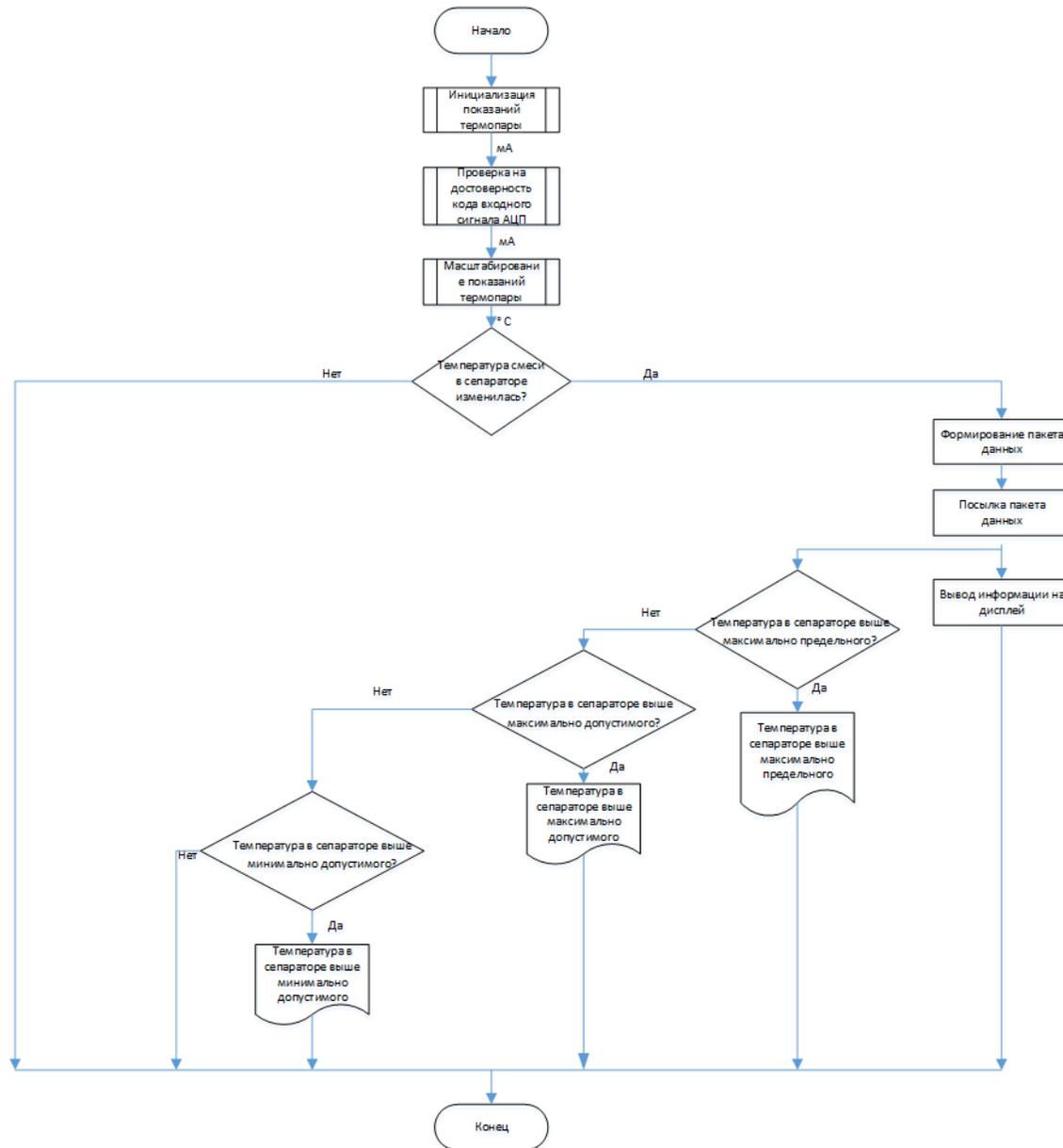


## Приложение Д (обязательное) схема внешних проводов

| Наименование параметра | Уровень газожидкостной смеси |           |           |            | Температура | Скорость  | Давление            |              | Расход нефти    |               |
|------------------------|------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|---------------------|--------------|-----------------|---------------|
|                        | Сепаратор                    | Сепаратор | Сепаратор | Сепаратор  | Сепаратор   | Двигатель | Нагнетат. коллектор | Сепаратор    | Вход сепаратора | Газ на выходе |
| Место отбора импульса  | Сепаратор                    | Сепаратор | Сепаратор | Сепаратор  | Сепаратор   | Двигатель | Нагнетат. коллектор | Сепаратор    | Вход сепаратора | Газ на выходе |
| Тип датчика            | РИЗУР-900                    | РИЗУР-900 | РИЗУР-900 | ТИТАН-270У | TWL-R-Exia  | ТМГ-30П   | DMD 3331-A-8        | DMD 3331-A-8 | TRICOR          | TRICOR        |
| Позиция                | 8-1                          | 9-1       | 10-1      | 5-1        | 4-1         | 2-1       | 3-1                 | 6-1          | 1-1             | 7-1           |



**Приложение Е**  
**(обязательное)**  
**алгоритм сбора данных**



**Приложение Ж**  
**(обязательное)**  
**Структура человеко-машинного интерфейса**

