

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

Институт – Неразрушающего контроля
Направление подготовки – 12.04.01 Приборостроение
Кафедра – Точного приборостроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Схема управления системы термостатирования узлов скважинных приборов УДК 622.248.5.002.6 |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Белянин Л.Н. | К.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой | Чистякова Н. О. | К.Э.Н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Анищенко Ю.В. | К.Т.Н. | | |

По разделу «Вопросы технологии»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Гормаков А.Н. | К.Т.Н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой Точного приборостроения | Бориков В.Н. | Д.Т.Н. | | |

Планируемые результаты обучения

| код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------|--|--|
| 1 | Способность совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; | Требования ФГОС (ОК–1, Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |
| 2 | Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области. | Требования ФГОС (ОК–7, Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |
| 3 | Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности. | Требования ФГОС (ОК–4,50 Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |

| код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------|---|--|
| 4 | <p>Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в областях контроля качества продукции предприятий измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.</p> | <p>Требования ФГОС (ОК–2, ОК–6, ОК–3) Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i></p> |
| 5 | <p>Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении..</p> | <p>Требования ФГОС (ПК–1, ПК–10), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i></p> |
| 6 | <p>Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и инновационные риски при их внедрении.</p> | <p>Требования ФГОС (ПК–15, ПК–4, ПК–17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i></p> |
| 7 | <p>Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.</p> | <p>Требования ФГОС (ПК–10, ПК–7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i></p> |
| 8 | <p>Умение разрабатывать методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по анализу, синтезу и оптимизации методов измерения контроля и диагностики, используемых в приборостроении; способность разработать и проводить оптимизацию натуральных</p> | <p>Требования ФГОС (ПК–16, ПК–23, ПК–25) ПК–2, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п.2.3, 2.4), согласованный с требованиями</p> |

| код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------|---|--|
| | экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности. | международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |
| 9 | Умение организовывать современное метрологическое обеспечение технологических процессов производства приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества выпускаемой продукции и технологических процессов; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле. | Требования ФГОС (ПК-18; ПК-19) Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |
| 10 | Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений. | Требования ФГОС (ПК-10; ПК-21, ПК-22) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> |

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

| | | |
|------------------------|------------|-----------------------|
| Институт | | <u>неразрушающего</u> |
| <u>контроля</u> | _____ | |
| Направление | подготовки | (специальность) |
| <u>приборостроение</u> | _____ | |
| Кафедра | | <u>точного</u> |
| <u>приборостроения</u> | _____ | |

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Бориков В.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------------|
| магистерской диссертации |
|--------------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------|
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович |

Тема работы:

| |
|--|
| Схема управления системы термостатирования узлов скважинных приборов |
|--|

| | |
|---|--|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |
|---|--|

| | |
|--|-------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 1 июня 2016 |
|--|-------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>В соответствии с приложением к заданию</p> |
|---|---|

| | |
|--|---|
| <p align="center">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p align="center"><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор принципов построения систем термостатирования узлов приборов 2. Анализ требований к схеме управления и формулирования задачи 3. Разработка электрической принципиальной схемы устройства 4. Конструирование блока управления экспериментальной установки для исследования системы термостатирования <p>Заключение</p> |
| <p align="center">Перечень графического материала</p> <p align="center"><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>Схема устройства управления электрическая структурная – 0,5 листа формата А1.</p> <p>Схема устройства управления электрическая принципиальная – 0,5 листа формата А1.</p> <p>Эпюры напряжений в характерных точках схемы – 0,5 листа формата А1.</p> <p>Чертеж общего вида блока – 1-2 листа формата А1.</p> <p>Чертеж по технологической части работы – 1 лист формата А1.</p> |
| <p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p align="center"><i>(с указанием разделов)</i></p> | |
| <p align="center">Раздел</p> | <p align="center">Консультант</p> |
| <p align="center">Вопросы технологии</p> | <p align="center">Гормаков А.Н., доцент каф. ТПС</p> |
| | |
| | |
| | |
| <p align="center">Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> | |
| | |
| | |
| | |
| <p align="center">Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p> | |

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Да та |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------|----------|
| Доцент каф. ТПС | Белянин Лев Николаевич | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Да та |
|--------|-------------------------|---------|----------|
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович | | |

Приложение к заданию
на выпускную
квалификационную работу
магистранту гр.1БМ4В Ильясову
Б.Б.

Исходные данные для разработки системы термостатирования
скважинного прибора

1. Назначение, область применения

1.1. Назначение: схема управления (устройство) предназначено для управления работой нагревателя и охладителя в составе системы термостатирования узла чувствительных элементов скважинного прибора гироскопического инклинометра при проведении экспериментальных исследований системы.

1.2. Область применения – научные исследования.

2. Принцип управления нагревателем и охладителем.

Управление нагревателем и охладителем осуществляется с помощью широтно-импульсного модулятора, на вход которого подается сигнал разбаланса резистивного моста. Одно плечо моста образовано терморезистором, встроенным в гиродатчик ГВК-6.

При разработке схемотехники в качестве основы использовать схему электрическую принципиальную платы термостатирования гироскопического инклинометра ИГН100-100/60-А. При этом балластный резистор следует заменить термоэлектрическим охлаждающим модулем.

3. Напряжения и мощности, потребляемые нагревателем и охладителем.

3.1. Напряжение питания нагревателя – регулируемое в диапазоне +60 ... +80 В напряжения постоянного тока.

3.2. Напряжение питания охладителя – регулируемое в диапазоне +3...+10В напряжения постоянного тока.

3.3. Максимальная мощность нагревателя без применения дополнительных секции нагревателя, Вт –

32.

3.4. Максимальная мощность нагревателя при подключении дополнительных секции нагревателя, Вт – 50.

3.5. Максимальная мощность, потребляемая охладителем, Вт – 50.

4. Требования к зависимости подводимого (отводимого) к узлу чувствительных элементов теплового потока $P_{рег}$ от температуры гироскопа.

4.1. График зависимости представлен на рисунке, где $P_{max\ нагр}$ – максимальный тепловой поток, подводимый нагревателем; $P_{max\ охл}$ – максимальный тепловой поток, отводимый охладителем; $t_{ст}$ – температура статирования; t_1 – температура, соответствующая нижней границе диапазона работы ШИМ-модулятора; t_2 – температура, соответствующая верхней границе диапазона работы ШИМ-модулятора.

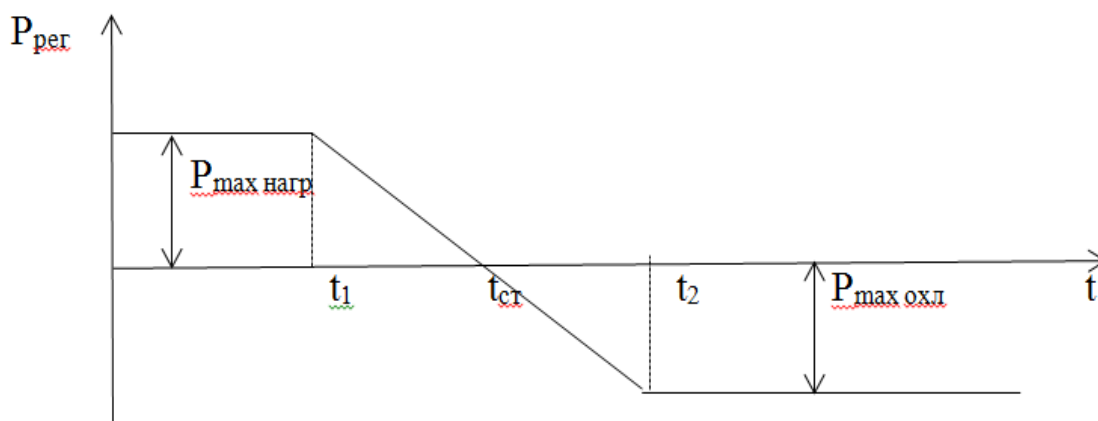


Рисунок 1 – График зависимости

4.2. Обеспечить температуру статирования $t_{ст}$, равную, °С – +75.

4.3. Обеспечить температуру t_1 , соответствующую нижней границе диапазона работы ШИМ-модулятора, равную, °С – +70.

4.4. Обеспечить температуру t_2 , соответствующую верхней границе диапазона работы ШИМ-модулятора, равную, °С – +80.

5. Питающие напряжения, потребляемая мощность.

5.1. Питание схемы управления – от двух источников питания напряжением постоянного тока ($+15 \pm 0,75$) В и ($-15 \pm 0,75$)В относительно общего провода.

5.2. Мощность, потребляемая схемой управления – минимально возможная.

5.3. Напряжения и мощности источников питания нагревателем и охладителем – в соответствии с разделом 3.

6. Условия эксплуатации.

6.1. Блок должен быть рассчитан на эксплуатацию в закрытом отапливаемом помещении при температуре окружающей среды от +10 до +40 °С, влажности до 80% при температуре +20 °С, и давлении 100 ± 4 кПа.

6.2. Механические воздействия на блок в процессе эксплуатации отсутствуют.

7. Требования к конструкции.

7.1. Блок должен быть выполнен в настольном варианте с кожухом, защищающим электронные компоненты платы от пыли и грязи и одновременно выполняющим роль экрана.

7.2. На блоке должны быть установлены блочные части двух электрических соединителей (разъёмов):

– со штырями – для подключения блока к источникам питания;

– с гнездами – для подключения блока к термостатируемому узлу чувствительных элементов.

Тип соединителя – по усмотрению разработчика.

7.2. Масса и габариты блока – по усмотрению разработчика.

7.3.

8. Дополнительные требования

8.1. Предусмотреть специальные меры по снижению кондукционных помех в электронных устройствах скважинного прибора, вызванные работой схемы управления.

8.2. Длина кабеля, соединяющего блок с термостатируемым узлом чувствительных элементов – 3,5 м.

8.3. При разработке схемы управления использовать преимущественно отечественную элементную базу.

Руководитель проекта, доцент

Л.Н. Беянин

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

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1БМ4В | Ильясову Борису Борисовичу |

| | | | |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Институт | Неразрушающего контроля | Кафедра | Точного приборостроения |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Приборостроение |

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

| | |
|---|--|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Работа с информацией, представленной в аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i> | <i>Проведение предпроектного анализа; выявление потребностей заказчика; анализ конкурентно-технических решений с позиций ресурсоэффективности и ресурсосбережения; проведение SWOT-анализа; проведение оценки готовности проекта к коммерциализации</i> |
| 2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i> | <i>Определение цели и результата проекта. Организация структуры проекта.</i> |
| 3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i> | <i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i> |
| 4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i> | <i>Проведение оценки экономической эффективности НТИ</i> |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Сегментирование рынка*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *График проведения и бюджет НТИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ*
6. *Потенциальные риски*

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Зав. кафедрой | Чистякова Наталья Олеговна | Кандидат экономических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1БМ4В | Ильясову Борису Борисовичу |

| | | | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| Институт | Неразрушающего контроля | Кафедра | ТПС |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 200100 |

| | |
|---|---|
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования и области его применения | В данной работе исследуются блок управления системой термостатирования для скважинного прибора |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Производственная безопасность Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения | <p>1.1 Вредные факторы при разработке блока управления системой термостатирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вредные вещества -Повышенный уровень локальной вибрации - Повышенный уровень шума на рабочем месте - Повышенный уровень электромагнитных излучений <p>1.2 Опасные факторы при разработке блока управления системой термостатирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Термическая опасность - Электробезопасность |

| | |
|---|--|
| | - Движущиеся части механизмов |
| 2. Экологическая безопасность: | +Влияние на атмосферу : пайка сопровождается выделением загрязняющих |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | -Перечень возможных чрезвычайных ситуациях: +Землетрясение +Пожар +Террористический акт -Наиболее типичная ситуация: пожар |
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | - Рабочее место при выполнении работ сидя, общие эргономические требования |

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 с., 12 рис., 20 табл., 53 источника.

Ключевые слова: гироскопический инклинометр, система термостатирования, гироскопы, ШИМ-модуляция

Объектом исследования являются системы термостатирования, применяемые в скважинном оборудовании

Цель работы – разработка электронной части блока управления системой термостатирования гириноклинометра, сборка и настройка системы.

В процессе исследования рассмотрены основные принципы построения систем термостатирования, проведен анализ возможных решений, выбраны оптимальные узлы. Разработана схема устройства и расчет основных элементов.

В результате исследования был разработан и собран блок управления системой термостатирования, проведена его настройка и тестирование в лабораторных условиях.

Область применения: геофизика, системы ориентации и навигации

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 18 |
| 1. Обзор принципов построения систем термостатирования узлов приборов | 19 |
| 1.1. Исходные положения | 19 |
| 1.2. Принципы регулирования СТС | 20 |
| 1.3. Классификация СТС | 21 |
| 2. Анализ требований к схеме управления и формулирование задачи | 24 |
| 2.1. СТС гиросинхронизатор ИГН 100-100/60-А | 24 |
| 2.2. Требования к питанию | 26 |
| 2.3. Специальные требования к элементной базе | 26 |
| 2.4. Требования к системе | 26 |
| 3. Разработка электрической принципиальной схемы устройства | 27 |
| 3.1. Оценка кондуктивных помех | 27 |
| 3.2. Схемотехническое проектирование блока | 30 |
| 4. Конструирование блока управления экспериментальной установки для исследования системы термостатирования | 50 |
| 4.1. Требования к конструкции | 50 |
| 4.2. Разработка компоновочной схемы | 50 |
| 4.3. Описание конструкции | 51 |
| 5. Вопросы технологии | 53 |
| 5.1. Расчет по основным показателям технологичности | 53 |
| 5.2. Технологичность сборки | 55 |
| 6. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 57 |
| 7. Социальная ответственность | 75 |
| 7.1. Введение | 75 |
| 7.2. Экологическая безопасность | 80 |
| 7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 81 |
| 7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 83 |
| Заключение | 84 |
| Список использованных источников | 86 |

Введение

В настоящее время навигационное оборудование получило широкое распространение во многих отраслях. Важное место среди них занимают инклинометрические системы. Гироскоп – один из основных узлов практически любой гироскопической инклинометрической системы. Основной недостаток гироскопов – нестабильность параметров при изменении температуры. Для уменьшения влияния температуры на параметры датчиков в настоящее время применяются различные системы термостатирования.

Решения для поддержания определенной температуры чувствительных элементов инклинометров, таких как гироскопы и акселерометры существуют только для диапазона температуры в окружающей среде, лежащей ниже температуры статирования.

Скважинные приборы характеризуются особыми условиями работы, такими как недостаток свободного пространства для размещения термоизоляции между узлами чувствительных элементов и охранным кожухом, необходимость большой продолжительности работы и высокой точности поддержания температуры статирования. Следовательно, в данных условиях целесообразно применение активной системы термостатирования автоматического управления.

Так как температура статирования лежит внутри диапазона температур окружающей среды, то в состав активной СТС войдет как нагреватель, так и охладитель. Стоит также добавить, что закон регулирования, по крайней мере, вблизи температуры статирования должен быть линейным. Для этого было предложено внести в схему широтно-импульсный модулятор, построенный таким образом, что за период шиммирования и нагреватель, и охладитель будут поочередно включаться в работу на полную мощность.

Регулирование теплового потока будет осуществляться путем изменения времени включения нагревателя и охладителя за период шиммирования.

Актуальность. В настоящее время гироскопические инклинометры являются широко используемым и наиболее точным инструментом контроля буровых скважин. Для улучшения характеристик гироскопических инклинометров существует необходимость в системе термостатирования.

Предмет диссертационных исследований – системы термостатирования.

Объект исследований – скважинные приборы гироскопических инклинометров.

Цель данной работы состоит в разработке системы термостатирования скважинного прибора, лишенной недостатков предыдущего поколения гироскопических инклинометров.

Научная новизна. Предложены методы уменьшения кондуктивных помех.

Практическая значимость. Разработана конструкция блока управления системы термостатирования скважинных приборов.

Реализация результатов работы. В результате работы был изготовлен действующий блок управления системой термостатирования скважинных приборов.

Апробация работы. Основные положения диссертации опубликованы в IV Всероссийском молодежном Форуме с международным участием "Инженерия для освоения космоса".

1. Обзор принципов построения систем термостатирования узлов приборов

1.1 Исходные положения

Как отмечено выше, инклинометрические системы должны функционировать в тяжелых условиях: высокие температуры до 200 °С и давление до 150 Мпа. При этом по мере углубления в скважину, температура повышается, что оказывает влияния на тепловой режим [1]. Чаще всего для большинства скважин эти параметры не превосходят значения 100-120 °С и 60 Мпа [2]. Следовательно, СТС предназначенные для работы в ЭРЭ скважинных систем, отличаются от аналогичных систем в других областях науки и техники прежде всего малыми габаритами и весом, коротким временем выхода на режим и высокой точностью поддержания температуры статирования.

Для уменьшения влияния изменения температуры на работу датчиков скважинных приборов возможно применение нескольких подходов для сужения температурного диапазона: первый способ – применение элементов с малым температурным коэффициентом и создание схем температурной компенсации, второй – разработка схем, у которых коэффициенты влияния имеют минимальное значения, и третий – создание СТС. В последнее время получили распространение также алгоритмические способы компенсации температурных погрешностей. В таких алгоритмах используется датчик для измерения температуры, сигнал с которого подается в вычислитель, осуществляющий обработку информации. Вычислитель осуществляет коррекцию показаний на основе известной зависимости погрешности датчика от температуры.

Два первых способа не дают желаемого результата, удовлетворяющего условиям задания, при этом являются весьма сложными. В настоящее время чаще при проектировании устройств применяют системы активного термостатирования [3].

Структурная схема СТС такого типа в соответствии с теорией автоматического регулирования показана на рис. 1. На объект регулирования воздействует внешний положительный или отрицательный тепловой поток T_c , изменяющий температуру внутри скважинного прибора. Это приводит к изменению выходного сигнала датчика температуры, имеющим на выходе напряжение U_t , пропорциональное изменению температуры объекта регулирования. Температура статирования задается с помощью напряжения уставки $U_{уст}$. Далее рассогласование этих напряжений подается на усилитель, напряжение на выходе которого задает величину тока исполнительного элемента. Тепловой поток исполнительного элемента компенсирует отклонения внутри прибора.

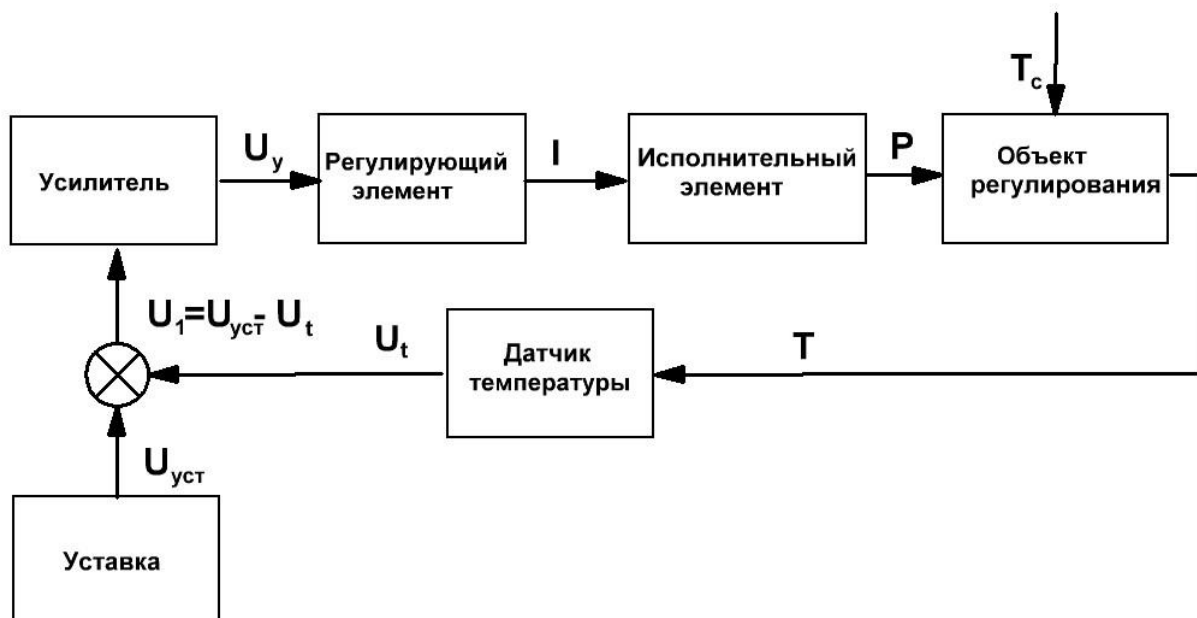


Рисунок 1 – обобщенная структурная схема СТС

1.2 Принципы регулирования СТС.

Также существует несколько принципов регулирования, применяемых в СТС. На сегодняшний день применяются следующие основные принципы регулирования: пропорциональное (P -регулирование), интегральное (I -регулирование), издромное (PI -регулирование), позиционное (например

двух или трехпозиционное), пропорционально-интегрально-дифференциальное (*PID*-регулирование).

При пропорциональном *P*-регулировании мощность от некоторого среднего значения, подаваемая в исполнительный орган СТС пропорциональна отклонению температуры от заданной величины. Чем ближе регулятор к точке статирования, тем меньше мощность, подводимая к исполнительному элементу.

При *I*-регулировании, при температуре ниже температуры статирования регулятором постоянно повышается мощность, подаваемая на исполнительный орган, пока температура не сравняется с указанным значением.

PI-регулирование подразумевает совмещение пропорционального и интегрального регулирования. При изменении температуры от заданного значения изодром создает неравномерность, которая затем сводится к нулю.

При позиционном регулировании исполнительный элемент может принимать только дискретные значения. Например, при двухпозиционном регулировании два постоянных положения – выше и ниже заданной величины.

1.3 Классификация СТС.

По принципу действия все СТС делятся на активные и пассивные. В пассивных СТС отсутствует какой-либо регулятор, а компенсацию колебаний температуры производят с помощью теплоизоляции. Пассивные СТС представляет собой обычный термостат и характеризуется малым временем работы и с большими перерывами. Пассивные СТС находят применение в системах, где собственные тепловыделения малы и не требуется высокая точность поддержания температуры.

По точности СТС могут быть как грубыми так и прецизионными. Грубые СТС характеризуются погрешностью статирования больше или

равной $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, а прецизионные (могут быть только активными) – с погрешностью статирования меньше $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

СТС могут быть реверсивными и нереверсивными. Нереверсивные характеризуются притоком только тепла или только холода. В этом случае температура статирования должна лежать за пределами диапазона температур окружающей среды. Реверсивные же обеспечивают приток и холода и тепла. Температура статирования лежит внутри диапазона температур окружающей среды.

СТС включают в себя различные датчики температуры. Они могут быть разных типов: бесконтактные (термопары, терморезисторы, термометры сопротивления) и контактные (ртутные термоконтаторы, контактные термометры и биметаллические реле и т.д.). К термодатчикам предъявляют следующие требования:

1. Высокая чувствительность
2. Стабильность
3. Малая инерционность
4. Малые габариты и высокая вибро и ударостойкость

СТС комплектуются различными по типу исполнительными органами: спиральные нагреватели, транзисторные нагреватели или полупроводниковые термобатарей.

В качестве охладителей можно использовать различные варианты: охлаждение за счет рассеивания тепла в окружающую среду, применение компрессионных холодильников, специальных абсорбентов тепла, термоэлектрических преобразователей. Охлаждение за счет рассеивания тепла в окружающей среде возможно только если температура окружающей среды ниже температуры статирования, для скважинного прибора данный подход ограничивает диапазон допустимых глубин. Применение адсорбентов часто применяется в скважинной технике, но сильно ограничивает время работы СТС. Компрессионные холодильники пусть и обладают высоким КПД и точностью, имеют габариты, ограничивающее применение в

инклинометрии. Проведенные работы на кафедре ТПС показывают, что оптимальным решением для охладителя в гироинклинометрах является использование термоэлектрических преобразователей элементов Пельтье[6]. Они обладают небольшими размерами и достаточной мощностью.

2. Анализ требований к схеме управления и формулирование задачи

2.1 СТС гироскоп ИГН 100-100/60-А.

При разработке за основу был взят гироскоп ИГН100-100/60-А, разработанный ранее на кафедре ТПС (ФЮРА.402113.242.000.ЭЗ).

В качестве датчиков в нем применяется динамический настраиваемый гироскоп ГВК-6. Система термостатирования данного инклинометра включает в себя нагревательную обмотку на самом гироскопе и балластный резистор. В случае необходимости дополнительные нагреватели могут быть установлены на корпусе узла чувствительных элементов гироскопа.

Работает СТС гироскопа ИГН100-100/60-А по принципу догрева. То есть при температуре объекта регулирования ниже температуры статирования включается обмотка нагрева. Если температура объекта становится выше температуры статирования, нагревательная обмотка отключается. Температура объекта регулирования понижается благодаря рассеиванию тепла от объекта регулирования в окружающее пространство. Управляется системой ШИМ-сигналом, при этом постоянно включена либо нагревательная обмотка либо балластный резистор. В текущем решении необходимо заменить балластный резистор на охладитель в виде элемента Пельтье.

ГВК-6 представляет собой динамический настраиваемый гироскоп консольного типа с монолитным кардановым подвесом. Данный датчик применяется в основном в авиастроении.

В состав ИГН100-100/60-А входит измерительный мост для измерения температуры и одновременного ввода уставки, определяющейся температурой статирования. Система термостатирования инклинометра ИГН 100-100/60-А имеет существенный недостаток – кондуктивные помехи [1].

В качестве датчика температуры использован штатный термодатчик. Он является датчиком проволочного типа, что является оптимальным

выбором для данной задачи, так как только термопары и датчики проволочного типа могут работать на температурах выше 100°C . Также он в отличие от термопары обладает высокой чувствительностью и повышенной надежностью.

В качестве нагревателя будет использоваться штатная нагревательная обмотка датчика ГВК-6. Согласно заданию нужно обеспечить линейный закон управления, по крайней мере вблизи температуры статирования, показанный на рис. 2.1.

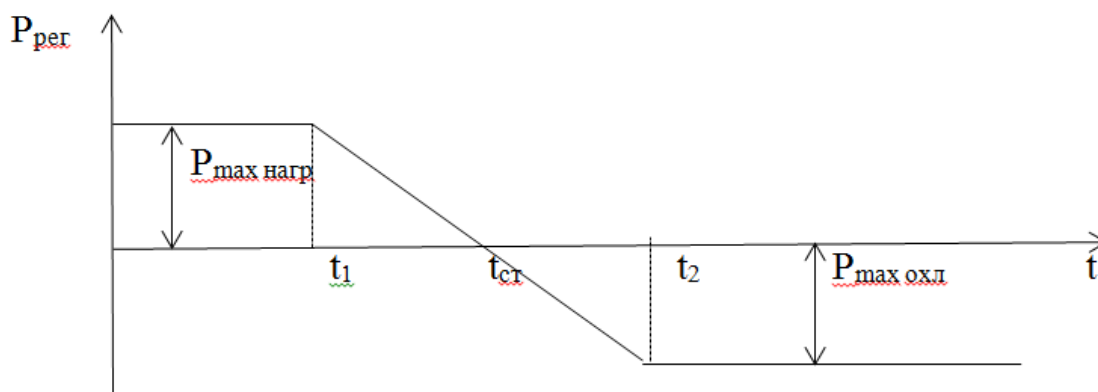


Рисунок 2.1 – График зависимости подводимого теплого от температуры объекта регулирования

Исходя из условия, обеспечение высокой точности превалирует над потребляемой мощностью, поэтому с целью упрощения схемы и повышения чувствительности в работу на полную мощность включается либо охладитель, либо нагреватель. Такой принцип работы выбран, чтобы обеспечить постоянство мощности, потребляемой системой термостатирования, от скважинного источника питания.

Настройку начала включения сигнала ШИМ можно осуществлять с помощью регулировки амплитуды его амплитуды. До выхода на режим на температурах ниже температуры включения ШИМ-сигнала происходит постоянный нагрев.

2.2 Требования к питанию. Для обеспечения питания СТС гироинклинометра необходимо задействовать несколько напряжений: +15 В и -15 В относительного общего провода для питания схемы управления системой термостатирования; регулируемое в диапазоне +60 ... +80 В постоянного тока для питания нагревателя; регулируемое в диапазоне +3...+10В напряжения постоянного тока для питания охладителя. Соответственно, необходимо использовать четыре регулируемых и стабилизированных источника питания с мощностью не менее 50 Вт каждый.

2.3 Специальные требования к элементной базе. Анализ условий эксплуатации в приложении к заданию было указано, что блок рассчитан на эксплуатацию в закрытом отапливаемом помещении при температуре окружающей среды от +10 до + 40 °С, влажности до 80% при температуре +20 °С, и давлении 100 ± 4 кПа, при отсутствии механических воздействии. Следовательно, применение специальной элементной базы или специальных приёмов при монтаже радиоэлементов не требуется.

2.4 Требования к системе

Необходимо разработать ШИМ-модулятор, который обеспечивал бы управление нагревателем и охладителем и при этом система термостатирования потреблял бы от скважинного источника питания постоянную (без перерывов) мощность.

Для этого необходимо предусмотреть возможность изменения закона регулирования, разработать схемотехнику ШИМ-модулятора, выбрать ключи для управления нагревателем и охладителем и предложить схему управления этими ключами по сигналам с выхода ШИМ-модулятора.

Особое внимание должно быть уделено устранению провалов в отборе мощности от скважинного источника питания во избежание возникновения кондуктивных помех во всех электронных устройствах, питаемых от скважинного источника питания.

3. Разработка электрической принципиальной схемы устройства

3.1 Оценка кондуктивных помех. Детальный анализ работы схемы термостатирования показывает, что существуют интервалы времени, в течение которых не производится отбор мощности от источника ни нагревателем, ни охладителем. Это приводит к появлению скачков напряжения на выходе скважинного источника питания.

Так как система термостатирования – основной потребитель энергии в инклинометре, то это сказывается на работе всей электронной аппаратуры, размещенной в приборе.

Изменение сопротивления резистивного датчика температуры описывается линейным законом

$$R_t = R_{t0}(1 + \alpha t) \quad (1)$$

где α - температурный коэффициент сопротивления (ТКС), R_{t0} - сопротивление при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. t - рабочая температура. Для данного датчика $R_{t0} = 521,8 \text{ Ом}$, $\alpha = 7,78 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Используя полученные значения, вычислим значения сопротивлений при граничных значениях температуры (70°C и 80°C) подставим в формулу (1), получим $R(80^\circ\text{C}) = 846.6 \text{ Ом}$, $R(75^\circ\text{C}) = 826.3 \text{ Ом}$, $R(70^\circ\text{C}) = 806 \text{ Ом}$. Мост балансируется подбором резистора R_3 при температуре статирования, равной 75°C .

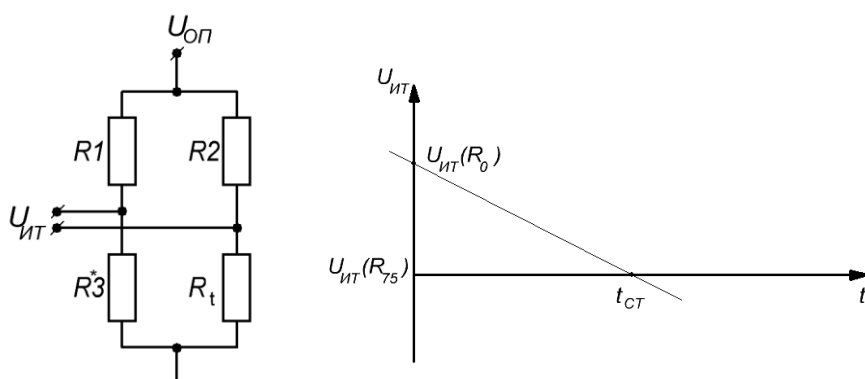


Рисунок 3.1. Измерительный мост датчика температуры

Из схемы на рис. 3.1 можно получить зависимость напряжения $U_{ИТ}$ от сопротивления R_t

$$U_{ИТ}(R_t) = \left(\frac{R_3}{R_3+R_1} - \frac{R_t}{R_t+R_2} \right) * U_{оп} , \quad (2)$$

где $U_{оп}$ - напряжение питания моста, то есть $-15В$, $U_{ИТ}$ – выходной сигнал моста.

Как следует из формулы (2) зависимость напряжения от температуры носит нелинейный характер, однако, вблизи температуры статирования эту зависимость можно считать линейной.

Получим $U_{ИТ}(70^{\circ}C)=1,63 В$, $U_{ИТ}(80^{\circ}C)=1,55 В$, $\Delta U=0,08 В$.

В качестве компаратора используется операционный усилитель.

На рис. 3.2 а показан сигнал на одном из входов компаратора, на второй вход подается сигнал с измерительного моста.

На рис. 3.2 б показан сигнал на выходе компаратора, где U_c – ограничение амплитуды сигнала стабилитроном, а t_{ϕ} – длительность фронта импульсов, управляющих ключами.

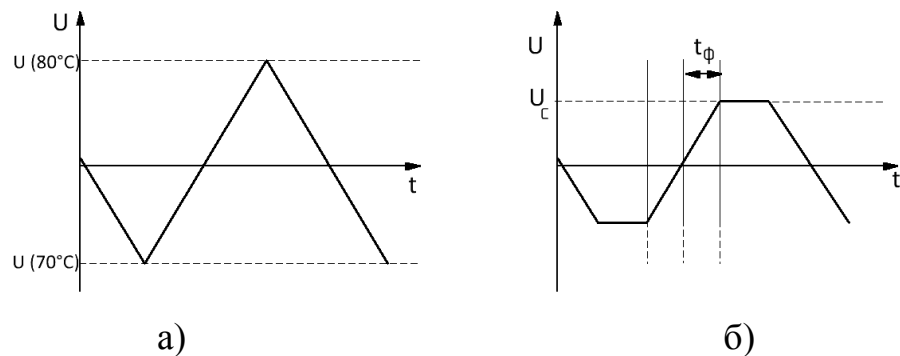


Рисунок 3.2. Сигнал на одном из входов и выходе компаратор

Скорость нарастания фронта напряжения определяется

$$\dot{U} = \frac{2\Delta U}{T} k_y ,$$

где T – период напряжения треугольной формы, ΔU – амплитуда пилообразного сигнала, k_y – коэффициент усиления операционного усилителя в разомкнутом состоянии.

При $f=27 Гц$, $k_y= 50000$, $U_c=9 В$ $\dot{U}=210*10^3 В/с$, $t_{\phi}=42,8 мкс$.

Указанное напряжение подается на транзисторы, выполняющие роль ключей. Коэффициент усиления транзисторов по току составляет 750. Схема включения транзистора такова, что открываться транзистор начинает при напряжении, поданным на него, равное 2 В. Требуется время Δt , которое можно определить по формуле

$$\Delta t = \frac{2}{\dot{U}}$$

При $\dot{U}=210 \cdot 10^3$ В/с, $\Delta t=9,5$ мкс. На рис. 4 показано потребление тока системой термостатирования.

Скорость нарастания фронта тока после транзисторов

$$\dot{i} = \dot{U} * 750$$

При $\dot{U}=210 \cdot 10^3$ В/с, $\dot{i}=157,5 \cdot 10^6$ А/с. Длительность фронта нарастания тока составит $t_{\phi}'=6,8$ нс, показано на рис.3.3.

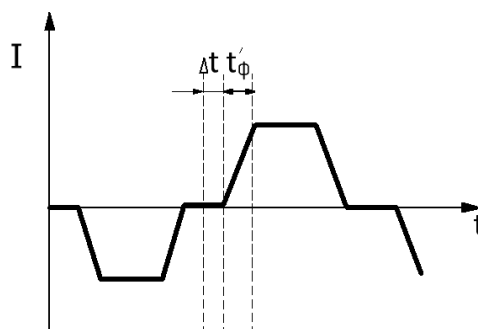


Рисунок 3.3. Сигнал на выходе транзистора

После выяснения причин провалов в отборе мощности от источника питания, были рассмотрены возможные способы их устранения.

1) увеличение крутизны фронтов импульсов за счет подключения на выходе компаратора дополнительных операционных усилителей. При использовании усилителей с коэффициентом усиления 50000 скорость нарастания напряжения возрастет до $10,5 \cdot 10^6$ В/с, и, соответственно, возрастет величина промежутка времени, когда мощность от источника не отбирается сократиться до 0,85 мкс. Недостаток способа – усложнение и удорожание схемы за счет использования дополнительных операционных усилителей;

2) подключение на выходе компаратора триггера Шмитта. Недостатки – наличие гистерезиса триггера. Результатом этого является появление ошибок системы термостатирования. Кроме того, применение триггера Шмитта не избавляет от необходимости использования инвертора;

3) применение сглаживающего LC-фильтра в цепи питания нагревателя и охладителя. Расчеты показывают, что для эффективного сглаживания необходимо применение фильтра с большой постоянной времени, реализовать которую в условиях скважинного прибора не представляется возможным;

4) использование компаратора с основным и инверсным выходами, что позволяет отказаться от использования инверторов и дополнительных усилителей. Основной и инверсные выходы компаратора подключаются непосредственно к цепи базы транзисторов, выполняющих роль ключей. Примером такого компаратора является микросхема К554СА4.

3.2 Схемотехническое проектирование блока

3.2.1 Измерительный мост

Наиболее важным звеном электронной схемы является измерительный мост, поскольку он несет в себе основные характеристики системы управления: крутизну и границы пропорционального закона управления. Параметры основных звеньев в той или иной степени зависят от него.

В разработанной электрической схеме построено два измерительных моста. Один из них служит измерителем температуры для организации обратной связи и должен быть сбалансирован при температуре статирования. Другой мост входит в состав измерительного канала для вывода информации о температуре оператору. Сигнал с моста через аналого-цифровой преобразователь передается на цифровое отсчетное устройство. Мост должен быть сбалансирован при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. В данном пункте будет рассмотрен мост, сбалансированный при температуре статирования.

Выбор элементов мостов определяется несколькими соображениями:

- мост является источником полезного сигнала для корректирующей цепи, в которой ОУ имеет ограничения по уровню входного сигнала;
- выбор номиналов определяет диапазон изменения управляющего напряжения;
- зависимость выходного напряжения моста от температуры можно считать линейной только на определенном (рабочем) участке;
- резисторы являются источниками тепла;
- измерительный резистор имеет свои параметры (например, чувствительность по температуре, нелинейность характеристики).

Чтобы не усложнять схему, питание выбрано такое же, как и у ОУ. Для имеющегося терморезистора сопротивление при нормальных условиях ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) $R = 603\text{ Ом}$, для $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ $R = 806$.

Проволочные терморезисторы имеют достаточно близкую к линейной зависимость сопротивления от температуры. Они просты по конструкции, надежны и в отличие от полупроводниковых датчиков температуры практически не подвергаются старению.

Для мостовой схемы согласно:

$$U_{\text{вых}}(R_t) = \left(\frac{R_{21}}{R_{21} + R_{18}} - \frac{R_t}{R_t + R_{16}} \right) \cdot U_{\text{оп}} \quad (3)$$

где $U_{\text{оп}}$ - напряжение питания моста, то есть -15В , $U_{\text{ВЫХ}}$ – выходной сигнал моста. Поскольку входным воздействием для измерительного моста является отклонение температуры, в дальнейшем вместо $U_{\text{ВЫХ}}$ будем писать U_t . В первом приближении изменение сопротивления с температурой описывается линейным законом [6].

$$R_t = R_0 \cdot (1 + at), \quad (4)$$

где a - температурный коэффициент сопротивления (ТКС), R_0 - сопротивление при температуре $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$. t - рабочая температура.

Зная пару значений сопротивления для различных температур, используя формулу 3 можно определить ТКС (a) и R_0 . Составим систему уравнений.

$$603 = R_0 (1 + a 20);$$

$$806 = R_0 (1 + a 70).$$

Решением будут $R_0 = 521,8 \text{ Ом}$, $a = 7,78 * 10^{-3}$. Используя полученные значения, вычислим значения сопротивлений на граничных температурах (70°C и 80°C), подставив в 3.

$$R(80^\circ\text{C}) = 846.6 \text{ Ом}, R(75^\circ\text{C}) = 826.3 \text{ Ом}, R(70^\circ\text{C}) = 806 \text{ Ом}$$

При выборе номиналов резисторов моста желательно отталкиваться от требований к чувствительности. При одинаковости всех резисторов моста, она была бы максимальной. Но так как максимально допустимое входное смещение $U_{\text{ВХСМ}}$ для каждого из входов ОУ $\pm 12\text{В}$, то ограничимся разбиением номиналов моста таким образом, чтобы при максимальном рассогласовании его плеч смещение напряжения на входе компаратора не превышало установленного предела.

На рисунке 3.4 видно, что при температуре статирования смещение выходного напряжения моста должно быть близким к нулю. В идеальных условиях, исполнительные элементы должны работать одинаково из этого следует, что напряжение образованное температурным смещением должно равняться амплитуде пилообразного сигнала. Поэтому резистор R_{21} симметричный терморезистору R_t должен иметь номинал равный сопротивлению терморезистора при 75°C

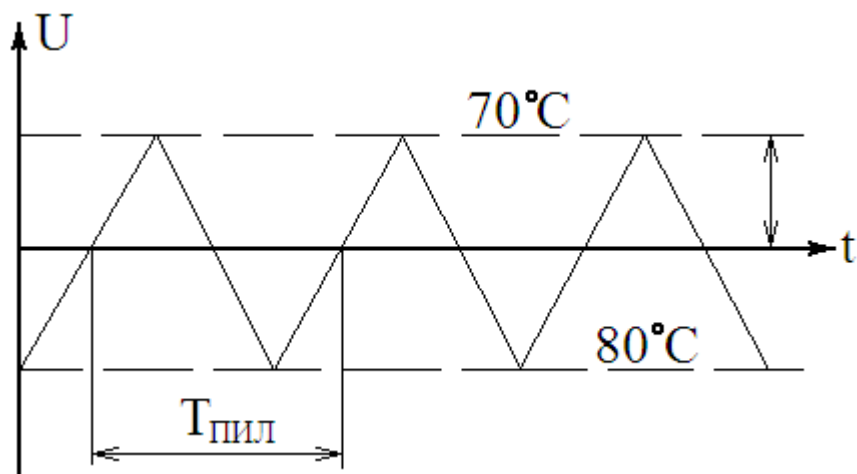


Рисунок 3.4. Условия шиммирования

В связи с тем, что терморезистор уже имеется, разделим падение напряжений в плече как 11,5 к 3,5. Составляя пропорцию получим $R_{16} = R_{18} = 2,65 \cdot 10^3 \text{ Ом}$. Ближайшее значение сопротивления из ряда E192 - $2,67 \cdot 10^3 \text{ Ом}$.

Найдем выходные напряжения моста при температурах границ пропорционального управления ($70, 80^\circ\text{C}$). Согласно [7, раздел 2]

$$U_{R_{21}}(70^\circ\text{C}) = \frac{806}{806 + 2,67 \cdot 10^3} \cdot (-15) = -3,48 \text{ (В)}$$

$$U_{R_{21}}(80^\circ\text{C}) = \frac{846,6}{846,6 + 2,67 \cdot 10^3} \cdot (-15) = -3,61 \text{ (В)}$$

Таким образом, амплитуда пилообразного напряжения, которое должен выдавать интегратор, равна

$$2 \cdot U_{\Delta} = U_{R_{21}}(70^\circ\text{C}) - U_{R_{21}}(80^\circ\text{C}) = 3,61 - 3,48 = 0,13 \text{ (В)}$$

При этом сопротивление R_{21} должно иметь номинал выше чем R_t при температуре статирования, но ближайшее к нему из ряда E192 – 835 Ом. Для приближения сопротивления в симметричном плече к необходимому номиналу параллельно R_{21} включается в схему резистор R_{22}^* для корректировки номинала всего плеча.

3.2.2 Интегратор. На основе операционных усилителей можно строить почти идеальные интеграторы, на которые не распространяется ограничение $U_{\text{ВЫХ}} \ll U_{\text{ВХ}}$. На рисунке 3.5 показана такая схема.

Входной ток U_m/R_1 , где U_m максимальное входное напряжение, протекает через конденсатор C . В связи с тем, что инвертирующий вход имеет потенциальное заземление, выходное напряжение определяется следующим образом:

Безусловно, входным сигналом может быть и ток, в этом случае резистор R_1 не нужен. Представленной здесь схеме присущ один недостаток, связанный с тем, что выходное напряжение имеет тенденцию к дрейфу, обусловленному сдвигами ОУ и током смещения.

Это нежелательное явление можно ослабить, если использовать ОУ на полевых транзисторах, отрегулировать входное напряжение сдвига ОУ и выбрать большие величины для R и C .

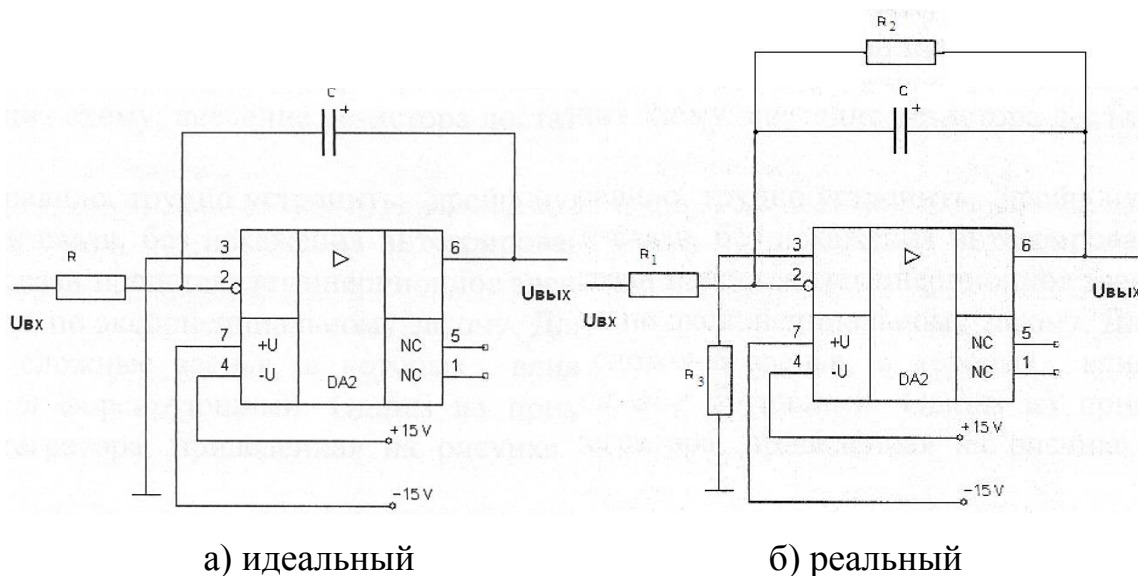


Рисунок 3.5 – Интеграторы на ОУ

$$U_{\text{ВЫХ}} = -\frac{1}{CR} \int U_{\text{ВХ}} \cdot dt + const \text{ или } U_{\text{ВХ}} / R = -C(dU_{\text{ВЫХ}} / dt)$$

Кроме того, на практике часто прибегают к периодическому сбросу в нуль интегратора с помощью подключенного к конденсатору переключателя (обычно на полевом транзисторе), поэтому играет роль только кратковременный дрейф.

Если остаточный дрейф по-прежнему слишком велик для конкретного случая использования интегратора, то к конденсатору C следует параллельно подключить резистор большого номинала, как показано на рисунке 3.5 б, который обеспечит стабильное смещение за счет обратной связи по постоянному току. Такое подключение приведет к ослаблению интегрирующих свойств на очень низкой частоте. Если в инвертирующем усилителе один из входов заземлен, то даже при условии идеальной настройки (т.е. $U_{сдв} = 0$), на выходе усилителя будет присутствовать отличное от нуля напряжение. Это связано с тем, что входной ток смещения $I_{см}$ создает падение напряжения на резисторах, которое затем усиливается схемой усилителя. Сопротивление со стороны инвертирующего входа определяется как сопротивление резистора R_1 и параллельно включенного ему резистор в цепи обратной связи R_2 . Но ток смещения воспринимается как входной сигнал, подобный току, текущему через R_1 , а поэтому он порождает смещение выхода равное падению напряжения на резисторе R_2 за счет тока смещения.

В операционных усилителях со входами на полевых транзисторах эффектом входного тока смещения обычно можно пренебречь, по-другому дело обстоит с операционными усилителями на биполярных транзисторах здесь значительные входные токи могут привести к серьезным проблемам.

Для борьбы с ошибками, обусловленными током смещения, существует несколько способов. Если нужен ОУ с большим током смещения, можно сделать сопротивление со стороны обоих входов одинаковым.

На практике, как правило, трудно устранить дрейф нуля при помощи резистора в цепи обратной связи, без искажения интегрированного сигнала. Поскольку цепь обратной связи представляет инерционное звено. Зарядка конденсатора будет происходить по экспоненциальному закону. Для устранения этого недостатка применяют сложные звенья, в которых влияния инерционных звеньев, компенсируются форсирующими. Одним из примеров может быть схема фильтрового интегратора, приведенная на рисунке 3.6.

Поскольку использование низких частот требует конденсаторов с большими ёмкостями, а это, как правило, электролитические, то их введение должно осуществляться с учетом однополярности последних. Для этого применим следующий прием. В цепь обратной связи включим резистор и конденсатор параллельно, а на неинверсный вход подадим постоянное напряжение сдвига. Тогда электролитический конденсатор будет всегда работать в области напряжений одного знака.

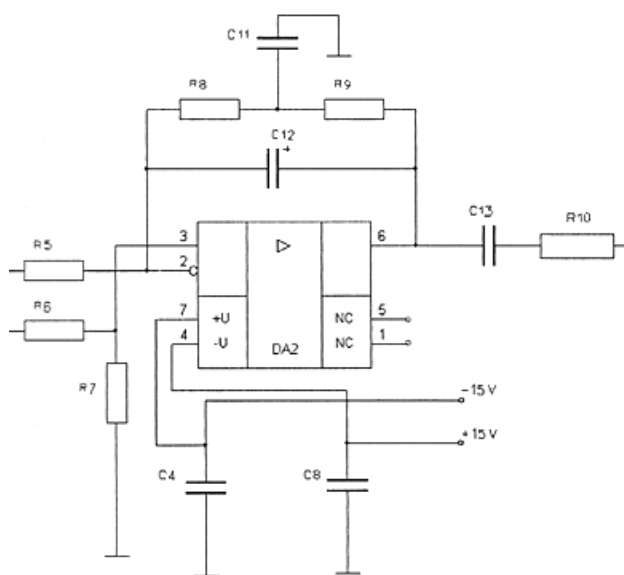


Рисунок 3.6 – Схема фильтрового интегратора

Выбор номиналов зависит от амплитуды пиры, которая определяет крутизну и температурные пределы регулирования при этом надо учитывать рабочие характеристики ОУ – максимальное сопротивление нагрузки.

Однако для расчета усовершенствованной схемы (рисунок 3.6), следует составить более сложное дифференциальное уравнение. Более простой способ подбора номиналов схемы – составить передаточную функцию, для данного интегратора, а затем, посредством взятия интеграла Дюамеля построить временную диаграмму реакции указанного звена на единичное воздействие. Для этого воспользуемся программным пакетом Mathcad 2001.

Передаточная функция фазного интегратора равна:

$$H(\omega) = \frac{k(1+i\omega T_3)}{[i\omega T_1(i\omega)^2 T_2 + 1]} \quad (5)$$

Где

$$T_1 = R_8 C_{11} + C_{12} R_8 + C_{11} R_9, T_2 = C_{12} R_8 + C_{11} R_9, T_3 = \frac{R_8 C_{11} R_9}{R_8 + R_9}, k = \frac{R_8 + R_9}{R_5}$$

В соответствии с интегралом Дюамеля выходное напряжение равно выходному напряжению от начального входного скачка и бесконечной сумме откликов от бесконечно малых скачков на входе с амплитудами $y'(\tau)dt$.

$$U_{\text{ВЫХИ}} = H(t)y(0) + \int_0^t y'(\tau)H(t-\tau)d\tau, \quad (6)$$

Для данной схемы интегратора $y = U_{\text{ГПИ}}$ напряжение на выходе генератора прямоугольных импульсов (12В), $y' = d U_{\text{ГПИ}}/dt$. $H(t)$ - переходная характеристика интегрирующей цепи разрешенная относительно времени в Mathcad и равная.

$$H(t) = 0,4 - 0,4 * e^{72,72 * t} * \cos sh(55,178 * t) - 0,151 * e^{72,72 * t} * \sin sh(55,178 * t),$$

На рисунке 3.7 представлена временная диаграмма напряжения на выходе фильтрового интегратора $U_{\text{ВЫХИ}}$ и идеального интегратора $D_{\text{ВЫХИ}}$.

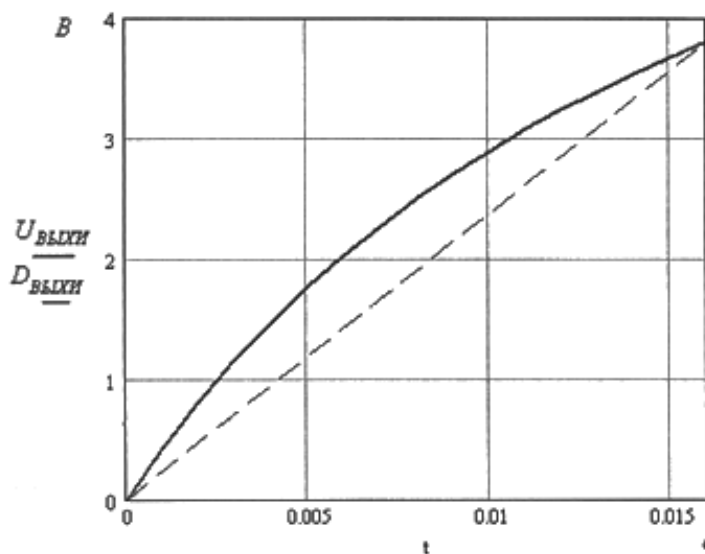


Рисунок 3.7 – Временные диаграммы фильтрового и идеального интеграторов

Представленной переходной характеристике (рисунок 3.7) соответствуют следующие номиналы:

$$R_8 = 3 \cdot 10^3 \text{ Ом}, R_9 = 3 \cdot 10^3 \text{ Ом}, R_5 = 15 \cdot 10^4 \text{ Ом},$$

$$C_{12} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}, C_{11} = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

Как видно из рисунка 3.7, нарастание выходного напряжения на интеграторе происходит нелинейно. Небольшая нелинейность выходного напряжения не оказывает столь сильного влияния, нежели дрейф нуля ОУ, который может привести либо к смещению пицы, либо изменению ее амплитуды, что в свою очередь или сместит диапазон линейного регулирования или изменит его пределы.

Как уже говорилось, цепь обратной связи интегратора строится на электролитических конденсаторах, поэтому необходимо, чтобы на выходе все время было напряжение одной полярности. Для смещения пилообразного напряжения вдоль оси напряжений, следует подать на неинверсный вход постоянное напряжение. Воспользуемся уже существующим источником питания 15В. И построим делитель по напряжению на неинверсном входе ОУ.

Требуемое смещение на выходе должно быть не менее половины амплитуды пицы. Из чего следует

$$U_{НВХ} = U_{ВЫХ} / k_{и},$$

где $U_{НВХ}$ – напряжение на неинверсном входе ОУ, $k_{и}$ – коэффициент передачи неинвертирующего ОУ по постоянному напряжению.

$$k_u = 1 + \frac{R_8 + R_9}{R_5} = 1 + \frac{(3+3) \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 1,4,$$

откуда

$$U_{НВХ} = U_{ВЫХИ} / k_{и} = 1,9 / 1,4 = 2,66$$

Для этого выберем $R_6 = 15 \cdot 10^3 \text{ Ом}$, $R_7 = 3,3 \cdot 10^3 \text{ Ом}$. Тогда для делителя по напряжению, образованного резисторами R_6 , R_7 , напряжение на неинверсном входе ОУ (рисунок 3.5) будет равно:

$$U_{HBX} = \frac{R_{15} + R_7}{R_6 + R_7} = \frac{15 * 3,3 * 10^3}{15 * 10^3 + 3,3 * 10^3} = 2,7B,$$

В нагрузке интегратора присутствует RC — цепь.. Вместе с тем, цепь исключает искажения, обусловленные внутренними токами смещения ОУ. Для того, что бы указанная цепь не вносила значительных искажений, необходимо разложить сигнал в ряд Фурье и рассчитать параметры C_{13} и R_{10} (рисунок 4.3).

Частота пилообразного напряжения на выходе интегратора, равна частоте ГПН $f_H = f = 32 \text{ Гц}$.

Нагрузку интегратора (рисунок 2.3) можно рассматривать как пассивный электрический фильтр высоких частот (ФВЧ). Тогда, выразив его частоту среза, можно будет задать параметры, соответствующие отсечению постоянной составляющей и пропусканию необходимого набора гармоник.

Частота треугольного сигнала, соответствует частоте первой гармоники, разложенного сигнала. Представление треугольного сигнала, одиннадцатью первыми гармониками даёт погрешность порядка 2,5%. Но поскольку необходимо исключить только постоянную составляющую достаточно выбрать параметры цепи такими, чтобы частота среза фильтра была меньше частоты первой гармоники.

Передаточная функция данного фильтра согласно имеет следующий вид.

$$W(p) = \frac{\rho k}{1 + \frac{1}{T\rho}} \quad (7)$$

Где

$$T = C_{13}(R_{10} + R_{12}), \quad k = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{10}},$$

Откуда Где находим частоту среза. На частоте среза f_{cp} , амплитуда сигнала уменьшается в $\sqrt{2}$ раз, поэтому возьмем номиналы такими, чтобы f_{cp} была на порядок меньше рабочей (частоты пилы). Так же, из проведенных расчетов и рисунка 2.2 видно, что сопротивление на входе компаратора R_{12} ,

будет небольшим – порядка нескольких сотен Ом. Следовательно, резистор R_{10} должен выбираться с номиналом порядка десятков кОм, чтобы избежать перегрузки ОУ.

Выберем конденсатор $C_{13} = 15 \text{ мкФ}$ из ряда Е12, $R_{10} = 100 \text{ кОм}$ из ряда Е96. Тогда f_{CP} и k соответственно равны:

$$T = C_1 \left(R + \frac{R * R}{R + R} \right) = 15 * 10^{-6} * (100 * 10^3 + \frac{2,67 * 10^3 * 806}{2,67 * 10^3 + 806}) = 0,67(2\pi c);$$

$$f_{CP} = \frac{1}{T * 2\pi} = \frac{1}{0,67 * 2\pi} = 0,25 \text{ Гц};$$

$$k = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{10}} = \frac{620}{620 * 10^5} = 6,15 * 10^{-3}.$$

На частоте $f_{и}$, сопротивление X_C достаточно мало и передаточная характеристика ФВЧ по амплитуде определяется из формулы 3. коэффициентом k . Так как сопротивления мостовой схемы уже известны, определим необходимую амплитуду требуемой пины из той же формулы: $\cdot \pi$

$$U_{ВЫХИ} = \frac{U\Delta}{k} = \frac{0,065}{0,058} = 1,141 \text{ В} \quad (8)$$

Нагрузка интегратора складывается из сопротивления цепи обратной связи, сопротивления ФВЧ и сопротивления подключенного параллельно неинверсному входу компаратора.

Так как сопротивление конденсатора на бесконечно большой частоте стремится к нулю, то минимальное сопротивление цепи обратной связи тоже стремится к 0 (рисунок 2.2):

$$R_{H1} = \frac{\left(\frac{R_8 * X_{C11}}{R_8 + X_{C11}} + R_9 \right) * X_{12}}{\left(\frac{R_8 * X_{C11}}{R_8 + X_{C11}} + R_9 \right) + X_{12}} = \frac{\left(\frac{3 * 10^3 * \infty}{3 * 10^3 * \infty} + 3 * 10^3 \right) * \infty}{\left(\frac{3 * 10^3 * \infty}{3 * 10^3 * \infty} + 3 * 10^3 \right) + \infty} = 0,$$

где $R_{НОС}$ = сопротивление цепи обратной связи, X_{C11} — сопротивление C_{11} , X_{C12} - сопротивление C_{12} .

Рассмотрим другую ветвь нагрузки.

$$R_{H2} = \frac{1}{X_{C13}} + R_{10} + R_{22} = \frac{1}{C_{13} * \infty} + 10^5 + R_{22} = 1,06 * 10^4 \text{ Ом},$$

где R_{H2} - нагрузка интегратора без обратной связи, $X_{Cв}$ - сопротивление создаваемое конденсатором C_{13} (схема представлена на рисунке 2.2). Таким образом даже на очень высоких частотах нагрузка удовлетворяет требованиям ОУ.

3.2.3 Генератор прямоугольных импульсов. Генератор является существенной частью любого электронного устройства. В зависимости от конкретного применения генератор может использоваться как источник регулярных импульсов (часы в цифровой системе, генератор импульсов несущей частоты при модуляции сигнала); от него может потребоваться точность и устойчивость (опорный интервал времени, например в частотомере), регулируемость (при подстройке частоты).

В качестве генератора выберем автоколебательный мультивибратор на операционном усилителе, приведенный на рисунке 3.8. Он является достаточно простым по своей конструкции. Его принцип работы основывается на зарядке конденсатора до определенного порогового значения, а затем его быстром разряде. Это достигается введением цепи обратной связи, предназначенной для изменения полярности заряжающего тока при достижении порогового напряжения; таким образом, на конденсаторе будут генерироваться колебания, по форме близкие к треугольным, а на выходе прямоугольной формы. Подобные генераторы имеют ряд преимуществ. Они просты, недороги, при умелом проектировании могут быть вполне стабильными по частоте.

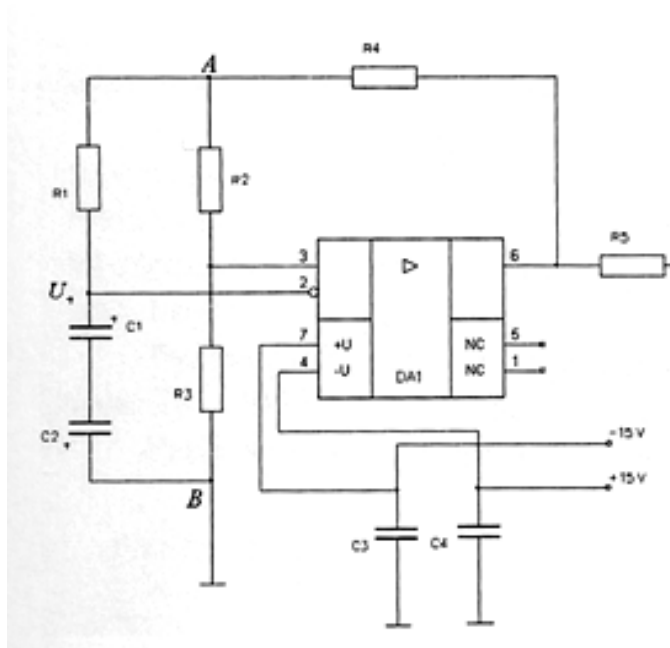


Рисунок 3.8 – Автоколебательный мультивибратор

Работает генератор следующим образом: допустим, что когда впервые прикладывается напряжение, выходной сигнал выходит на положительное насыщение. Конденсатор начинает заряжаться до напряжения положительного насыщения (U_+) с некоторой постоянной времени. Когда напряжение конденсатора достигнет определенного значения (его часто называют пороговым), ОУ переключится в состояние отрицательного насыщения. Это произойдет, когда напряжение на обоих входах ОУ сравняется. То есть операционный усилитель включен как триггер Шмидта. Затем конденсатор станет разряжаться до напряжения отрицательного насыщения (U_-) с той же самой постоянной времени. Колебания будут происходить с периодом, независимым от напряжения питания. Формирование сигнала происходит одной и той же цепью, что гарантирует получение стабильного симметричного меандра.

Времязадающая цепочка на схеме содержит два электролитических конденсатора, которые обладают большими емкостями в сравнении с другими конденсаторами. Встречное включение позволяет получить

неполярный конденсатор большой емкости и тем самым достигнуть длительного времени зарядки.

В данной схеме к питающим выводам ОУ параллельно подключаются конденсаторы. Этот прием часто используют, чтобы шунтировать микросхему от нежелательных скачков напряжения в сети питания и тем самым обеспечить стабильную защиту от кондуктивных помех. Номинал емкости должен быть таким, чтобы ток во время скачка напряжения не успевал полностью заряжать конденсатор. Его подбор, как правило, осуществляется опытным путем. Высокая точность конденсатора не требуется, поскольку никаких времязадающих функций он не выполняет.

Рассчитаем частоту импульсов генератора. Выбор частоты шиммирования играет принципиальную роль в работе всей системы. Если частота будет слишком низкой, то постоянная времени системы термостатирования будет ниже постоянной времени ОР. Другими словами, тепловая энергия объекта может измениться несколько раз или, что хуже, выйдет из диапазона рабочих температур, пока система среагирует. Также продолжительный режим работы транзистора противоречит идее введения ключевого режима.

С другой стороны, применение высоких частот невыгодно по следующим причинам. Работа ключей на высоких частотах вызовет повышение мощности потребления транзисторов, а появление высокочастотных гармоник и частые всплески при переключении, обусловленные не идеальностью источника питания, повысят уровень помех, на фоне которых пропадет полезный сигнал.

Руководствуясь вышеприведенными правилами, выберем частоту в диапазоне 20...40 Гц, что соответствует периоду колебаний 0,05...0,025 с.

Исходя из частоты, можно рассчитать номиналы элементов ГПИ.

Для мультивибратора, изображенного на рисунке 3.8, условие опрокидывания определит постоянную времени. Этим условием является равенство напряжений на конденсаторе и резисторе R_3 .

$$U_{R_3} = \frac{U_{AB} * R_3}{R_{2+3}}, \quad U_C = \frac{U_{AB} * X_C}{R_1 + X_C}, \quad (4)$$

где U_{R_3} – напряжение на резисторе R_3 ;

U_{AB} – напряжение между точками А и В на рисунке 4.5;

$R_{2+3} = R_2 + R_3$;

U_C – напряжение на конденсаторах C_1 и C_2 с комплексным сопротивлением X_C .

Приравнивая правые части выражений (4.5), получаем:

$$\frac{U_{AB} * R_3}{R_{2+3}} = \frac{U_{AB} * X_C}{R_1 + X_C}, \quad \frac{R_3}{R_{2+3}} = \frac{X_C}{R_1 + X_C}, \quad \frac{R_3}{R_{2+3}} = \frac{1}{1 + j * C * R_1}, \quad (5)$$

Обозначая R_3/R_{2+3} за m , $j\omega = p$, а $CR_1 = T$ получаем дифференциальное уравнение, которое разрешаем относительно t .

$$m = \frac{1}{1 + T * p} \Rightarrow m * T * p = 1 - m, \quad \frac{m * T}{dt} = 1 - m \Rightarrow \int (1 - m) * dt = m * T,$$

Откуда

$$T = \frac{m * T}{1 - m} = T_{\pi/2} = \frac{R_1 * R_3 * C}{(R_2 + R_3) * \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_2}\right)}, \quad (6)$$

где $T_{\pi/2}$ – полупериод прямоугольного импульса.

Так же следует произвести расчет порогового напряжения $U_{пор}$, чтобы при выборе номиналов ограничить входы ОУ от высокого напряжения. Для КР140УД6А $U_{см} = 5$ В. Из рисунка 2.4 видно, что пороговое напряжение эквивалентно напряжению на конденсаторе С.

Составим уравнения Кирхгофа для данной схемы (рисунок 2.4).

$$\begin{aligned} R_{R_1} * I_C + U_C &= (R_3 + R_2) * I_{R_{2+3}}, \\ U_{ГПП} - R_4 * I_4 &= R_1 * I_{R_1} + U_C, \\ I_4 &= I_{R_{2+3}} + I_C. \end{aligned} \quad (7)$$

Формула выражающая связь тока и напряжения конденсатора

$$I_{C_1} = C * \frac{dU_c}{dt}$$

где $I_{R_{2+3}}$ - ток ветви с R_2, R_3 ; U_c - напряжение на обкладках конденсатора C . I_c – ток протекающий через конденсатор C ; I_{R_1} – ток протекающий через резистор R_1 , I_4 - ток протекающий через R_4 . Решая систему уравнений (7) приходим к выражению.

$$U_{BbIX} - R_1 * C \frac{dU_c}{dt} + U_{C_1} = R_4 * C \frac{dU_c}{dt} + \frac{R_1 * C * \frac{dU_c}{dt} + U_c}{R_2 + R_3},$$

Группируя слагаемые, приведем выражение к более удобному виду.

$$U_{BbIX} - R_1 * C \frac{dU_c}{dt} + U_{C_1} = R_4 * C \frac{dU_c}{dt} + \frac{R_4 * R_1 * C}{R_2 + R_3} * \frac{dU_c}{dt} + \frac{U_c * R_4}{R_2 + R_3},$$

$$U_{BbIX} - C * \left(R_1 + R_4 + \frac{R_4 * R_1 * C}{R_2 + R_3} \right) * \frac{dU_c}{dt} = U_c * \left(1 + \frac{R_4}{R_2 + R_3} \right),$$

$$\frac{dU_c}{dt} * A + U_c * B = U_{BbIX},$$

(8)

Где $A = C * \left(R_1 + R_4 + \frac{R_4 * R_1 * C}{R_2 + R_3} \right)$, $B = 1 + \frac{R_4}{R_2 + R_3}$.

Разделив выражение 8 на A , получим классическое линейное дифференциальное уравнение первого порядка.

$$\frac{dU_c}{dt} + U_c * \alpha = \beta, \tag{9}$$

где $\alpha = \frac{B}{A}$, $\beta = \frac{U_{BbIX}}{A}$

Решаем его методом вариации произвольной постоянной.

Решением однородного уравнения будет $U_c = Ne^{-\alpha t}$, где N – произвольная постоянная. Полагаем $N = N(t)$ и подставляем данное решение в исходное уравнение. Откуда получаем $N(t)$.

$$N(t) = \frac{\beta}{\alpha} * e^{\alpha t} + F,$$

где F - константа.

Подставляем найденное выражение для $N(t)$ в $U = Ne^{-\alpha t}$ получаем общее решение исходного уравнения.

$$U_c = \frac{\beta}{\alpha} - F * e^{-\alpha * t},$$

Найдем константу F , которая выражает начальные условия переходного процесса. При $t = 0$, напряжение $U_c = 0$. Выразив F , получим.

$$F = \frac{U_c - \frac{\beta}{\alpha}}{e^{-\alpha * t}},$$

Выбор номиналов производится с учетом характеристик ОУ. У идеального ОУ входное сопротивление бесконечно большое, а выходное бесконечно малое. Для ОУ140УД6А сопротивление нагрузки R_H должно составлять не менее 2кОм, Нагрузка в данном случае складывается из резистора на выходе интегратора с параллельно подсоединенной ей полной обратной связью. Запишем полное сопротивление нагрузки ОУ.

$$X_H = \frac{X_{II} * R_5}{X_{II} + R_5}$$

$$\text{где } X_H = \frac{R_4 + (R_2 + R_3)}{(R_1 + X_C)}$$

Выберем номиналы резисторов из ряда и E192 R_1, R_2, R_3, R_4 . В качестве конденсатора C_1, C_2 , как уже было указано выше, выберем два электролитических.

С учетом уже выбранного R_5 (в схеме интегратора) выбранные номиналы:

$$R_1 = 6,19 \text{ кОм}, R_2 = 15 \text{ кОм}, R_3 = 5,62 \text{ кОм}, R_4 = 75 \text{ кОм}, \quad C1 = 6,8 \text{ мкФ}, C_2 = 6,8 \text{ мкФ}, R_5 = 15 \text{ кОм};$$

Номиналам соответствуют:

$$T_{\pi/2} = \frac{R_1 * R_3 * C}{(R_2 + R_3) \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_2}\right)} = \frac{6,19 * 10^3 * 5,62 * 10^3 * 6,8 * 10^{-6}}{(15 * 10^3 + 5,62 * 10^3) * \left(1 - \frac{5,62 * 10^3}{5,62 * 10^3 + 15 * 10^3}\right)} = 0,016 \text{ с}$$

Следовательно, период будет равен $T_{\pi} = T_{\pi/2} * 2 = 0,016 * 2 = 0,032 \text{ с}$, которому соответствует частота $f = 1/T_{\pi} = 1/0,032 = 31,25 \text{ Гц}$, что укладывается в требования к частоте ГПН указанной выше.

Вычислим приведенные коэффициенты дифференциального уравнения α , β , F для расчёта порогового напряжения.

$$\alpha = \frac{B}{A} = \frac{1 + \frac{R_4}{R_2 + R_3}}{\left(R_1 + R_4 + \frac{R_1 * R_4}{R_2 + R_3}\right) * C} = \frac{1 + \frac{75 * 10^3}{15 * 10^3 + 5,62 * 10^3}}{6,19 * 10^3 * 75 * 10 * 10^3 + \left(\frac{6,19 * 10^3 * 75 * 10 * 10^3}{15 * 10^3 + 5,62 * 10^3}\right) * 6,8 * 10^{-6}} = 17$$

$$\beta = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{A} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{\left(R_1 + R_4 + \frac{R_1 * R_4}{R_2 + R_3}\right) * C} = \frac{12}{6,19 * 10^3 * 75 * 10 * 10^3 + \left(\frac{6,19 * 10^3 * 75 * 10 * 10^3}{15 * 10^3 + 5,62 * 10^3}\right) * 6,8 * 10^{-6}} = 17$$

$$F = \frac{U_c - \beta}{\alpha} = \frac{0 - \frac{17}{6,57}}{-2,71^{-6,57 * 0,032}} = 2,88$$

Пороговое напряжение опрокидывания ОУ ,будет иметь следующее значение

$$U_c = \frac{\beta}{\alpha} - F * e^{-\alpha * t} = \frac{17}{6,57} - 2,88 * 2,71^{-6,57 * 0,032} = 0,26B$$

Поскольку выходное напряжение генератора представляет собой не постоянный и не гармонический сигнал, нагрузку ОУ оценим, разложив его в ряд Фурье. В этом случае, с точки зрения частотного анализа, времязадающая цепь, будет иметь наибольшее сопротивление при воздействии первых гармоник. С повышением частоты в ряду гармоник, сопротивление цепи будет уменьшаться, так как конденсатор будет вырождаться в короткую. Из этого следует, что минимальное сопротивление, которое обеспечивает полная нагрузка равно:

$$X_{II} = \frac{(X_C + R_1) * (R_2 + R_3)}{X_C + R_1 + R_2 + R_3} + R_4 = \frac{(0 + 6,19 * 10^3) + (15 * 10^3 + 5,62 * 10^3)}{0 + 6,19 * 10^3 + 15 * 10^3 + 5,62 * 10^3} + 75 * 10^3 = 7,98 * 10^4 \text{ Ом}$$

$$X_H = \frac{X_{II} * R_5}{X_{II} + R_5} = \frac{7,98 * 10^4 * 15 * 10^3}{7,98 * 10^4 + 15 * 10^3} = 1,26 * 10^4 \text{ Ом}$$

Полная нагрузка X_H генератора на ОУ удовлетворяет его техническим характеристикам.

4. Конструирование блока управления экспериментальной установки для исследования системы термостатирования

4.1 Требования к конструкции. Блок должен быть выполнен в настольном варианте с кожухом, защищающим электронные компоненты платы от пыли и грязи и одновременно выполняющим роль экрана. Блок должен быть рассчитан на эксплуатацию в закрытом отапливаемом помещении при температуре окружающей среды от +10 до + 40 °С, влажности до 80% при температуре +20 °С, и давлении 100±4 кПа. Механические воздействия в процессе эксплуатации отсутствуют.

Длина кабеля, соединяющего блок управления со скважинным прибором, в соответствии с заданием, должна быть равна 3,5 м.

4.2 Разработка компоновочной схемы. В качестве корпуса выбрана основа из толстой дюралюминиевой (Д16) плиты, полученная путем фрезерования. Для удобства монтажа, настройки схему управления СТС решено разбить на 3 платы: плата генератора пилообразного сигнала, плата корректирующего звена, плата управления транзисторами. Для наглядности и легкости восприятия движение сигнала происходит слева направо.

На корпусе установлены так же силовые транзисторы, выполняющие роль ключей. Для отвода тепла транзисторы закрепляются на радиаторах, последние с помощью стоек крепятся к основанию корпуса.

Каждая плата снабжена лепестками для подключения питания, расположенными в нижней части. Лепестки для передачи сигналов между платами расположены по бокам. Это позволяет разнести силовые и сигнальные цепи дальше друг от друга и уменьшить помехи.

Контрольные точки, необходимые для настройки и проверки работоспособности основных узлов, вынесены на лепестки в верхней части платы.

Для связи блока управления СТС на основании закреплена стойка с двумя разъёмами. Один из них (вилка) служит для подключения блока к

источниками питания, второй (розетка) для связи блока с термостатируемым узлом чувствительных элементов и регистрирующей аппаратурой – цифровым вольтметром для контроля температуры гироскопа.

Вся аппаратура, размещенная на основании защищена от посторонних предметов, грязи и пыли кожухом. Последний также выполняет роль электромагнитного экрана.

Корпус блока через разъем питания электрически соединен с корпусами всех источников питания и с землей. Кроме того, с целью повышения надежности корпус блока заземляется отдельным проводом.

Для создания нормальных условий, отвода тепла от радиаторов и других тепловыделяющих компонентов в кожухе предусмотрены 4 окна, затянутые мелкоячеистой металлической сеткой.

4.3 Описание конструкции.

За основу несущей конструкции выбран готовый корпус от бортового электронного прибора, изготовленный в заводских условиях. Потребовалось лишь несколько дополнительных отверстий. Все это позволило упростить разработку корпуса.

При снятии кожуха все компоненты легкодоступны для замены изношенных или неисправных деталей или сборочных единиц без полной разборки, либо регулировки или подключения к испытательным стендам.

Электронные компоненты размещены на трех отдельных платах. Силовые транзисторы смонтированы отдельно от других электронных компонентов. Это обеспечивает удобство сборки и облегчает процесс создания блока управления СТС. Возможна проверка и настройка отдельных элементов СТС независимо друг от друга.

Электронные платы размещены на стойках и закреплены резьбовыми соединениями. Это позволяет производить надежную фиксацию плат, легкую и удобную съемку и установку деталей. Транзисторы вынесены отдельно, так как они требуют радиаторов для охлаждения. Они закреплены вблизи платы

управляющей их работой. Радиаторы закрыты сверху крышкой для защиты от случайного касания силовых проводов.

Контрольные точки вынесены на отдельные лепестки по краям платы для удобного подключения к измерительной аппаратуре. Питание и передача сигналов так же осуществляется через лепесткам по краям плат, что позволяет производить неоднократный монтаж силовых и сигнальных проводов.

Соединители для питания и передачи сигналов выбраны так, что разъём со штырями используется для подключения к блокам питания, а разъём с гнездами для подключения к термостатируемому узлу чувствительных элементов. Это позволяет исключить ошибку в подключении кабелей. При это кабель питания оказывается с закрытыми гнездами, что исключает случайное прикосновение к токоведущим частям.

5. Вопросы технологии

5.1 Расчет по основным показателям технологичности.

Система термостатирования представляет собой электронный блок и характеризуется следующими показателями:

1. Коэффициент использования микросхем:

$$K_{\text{исп. ИМС}} = N_{\text{ИМС}} / (N_{\text{ИМС}} + N_{\text{ЭРЭ}})$$

где $N_{\text{ИМС}}$ – число микросхем и микросборок в изделии, $N_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число ЭРЭ.

$$K_{\text{исп. ИМС}} = \frac{7}{7 + 59} = 0,103$$

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа

$$K_{\text{а.м.}} = N_{\text{а.м.}} / N_{\text{м}}$$

где $N_{\text{а.м.}}$ – число монтажных соединений, выполняемых автоматизированным и механизированным способом, $N_{\text{м}}$ – число монтажных соединений.

$$K_{\text{а.м.}} = \frac{0}{111} = 0$$

3. Коэффициент механизации и автоматизации подготовки ЭРЭ

$$K_{\text{мп. ЭРЭ}} = N_{\text{мп. ЭРЭ}} / N_{\text{ЭРЭ}}$$

где $N_{\text{мп. ЭРЭ}}$ – число ЭРЭ, подготовка и монтаж которых выполняется механизированным способом, $N_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число ЭРЭ.

$$K_{\text{мп. ЭРЭ}} = \frac{0}{111} = 0$$

4. Коэффициент автоматизации и механизации операции контроля и настройки электрических параметров

$$K_{\text{м.к.н.}} = N_{\text{м.к.н.}} / N_{\text{к.н.}}$$

Где $N_{\text{м.к.н.}}$ – число операции контроля и настройки, выполняемых механизированным и автоматизированным способом, $N_{\text{к.н.}}$ – число операции контроля и настройки.

$$K_{\text{м.к.н.}} = \frac{0}{5} = 0$$

5. Коэффициент повторяемости

$$K_{\text{пов эрэ}} = 1 - N_{\text{т эрэ}} / N_{\text{эрэ}}$$

Где $N_{\text{т эрэ}}$ – число типоразмеров ЭРЭ, $N_{\text{эрэ}}$ – общее число ЭРЭ.

$$K_{\text{пов эрэ}} = 1 - \frac{12}{66} = 0,82$$

6. Коэффициент повторяемости

$$K_{\text{пов эрэ}} = 1 - N_{\text{т. ор эрэ}} / N_{\text{т эрэ}}$$

где $N_{\text{т. ор эрэ}}$ – число типоразмеров оригинальных ЭРЭ, $N_{\text{т эрэ}}$ – число типоразмеров ЭРЭ.

$$K_{\text{пов эрэ}} = 1 - \frac{0}{66} = 1$$

7. Коэффициент прогрессивности формообразования детали

$$K_{\text{ф}} = D_{\text{пр}} / D$$

где $D_{\text{пр}}$ – число деталей, получаемых прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, литьем под давлением и т.д., D – число деталей (без нормализованного крепежа).

$$K_{\text{ф}} = \frac{3}{5} = 1$$

Таблица 1 – базовые показатели технологичности

| Порядковый номер в ранжированной последовательности | Базовый показатель технологичности | Коэффициент весовой значимости базового показателя Φ_i |
|---|------------------------------------|---|
| 1 | $K_{\text{исп имс}}$ | 1,0 |
| 2 | $K_{\text{а.м.}}$ | 1,0 |
| 3 | $K_{\text{мп эрэ}}$ | 0,75 |
| 4 | $K_{\text{мкн}}$ | 0,5 |
| 5 | $K_{\text{пов эрэ}}$ | 0,31 |

| | | |
|---|----------------------|-------|
| 6 | $K_{\text{пов ЭРЭ}}$ | 0,187 |
| 7 | K_{ϕ} | 0,11 |

Для оценки технологичности изделия используется комплексный показатель, определяемый с использованием базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$$

$$K = \frac{0,103 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0,75 + 0 \cdot 0,5 + 0,82 \cdot 0,31 + 1 \cdot 0,187 + 1 \cdot 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,187 + 0,11}$$

$$= \frac{0,6542}{3,857} = 0,17$$

5.2 Технологичность сборки. Анализ блока управления системой термостатирования с позиции технологичности сборки

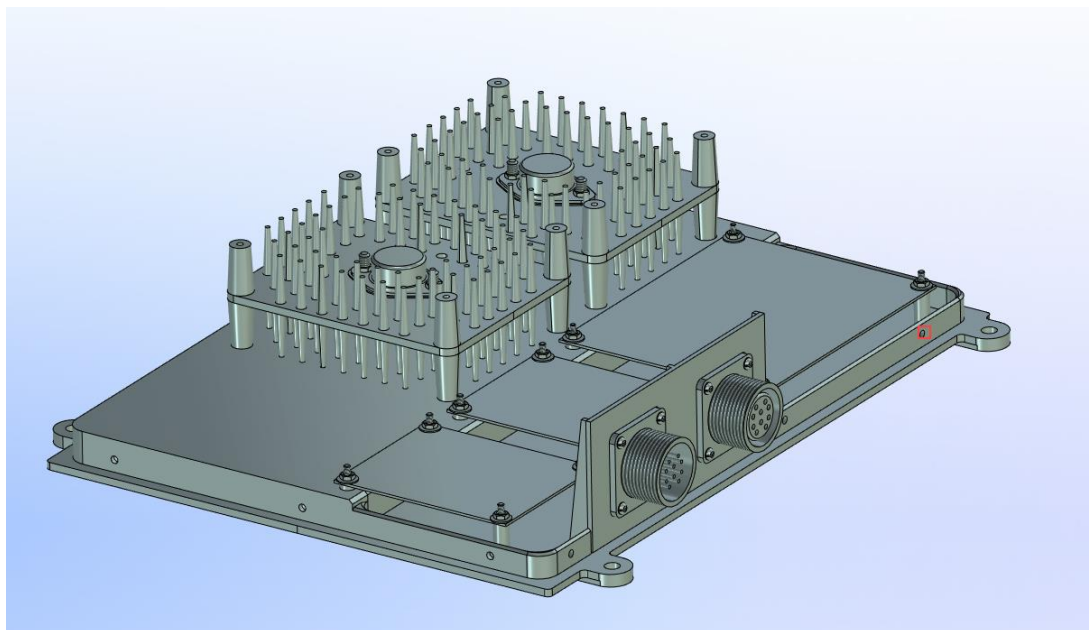
Электронная схема блока размещена на трех платах: плата генератора пилообразного напряжения, плата измерительных мостов, плата управления транзисторами. При этом есть возможность для изготовления, проверки, регулировки независимо друг от друга.

Монтаж единиц происходит с помощью резьбовых соединений. Это позволяет исключить трудоемкие подгоночные операции, а так же надежную фиксацию сборочных единиц, допускающую неоднократную установку и съем деталей.

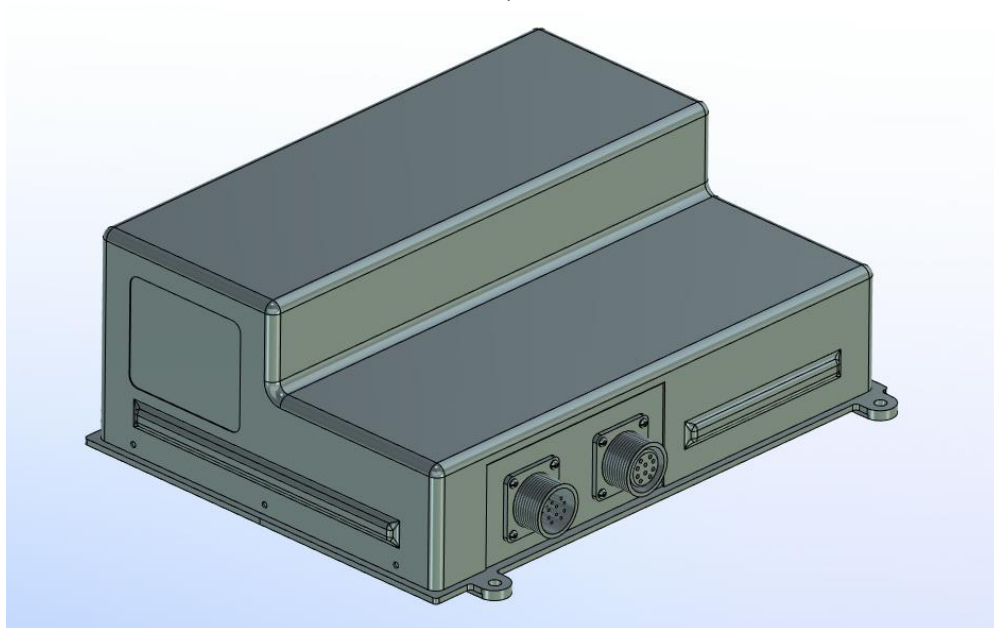
Конструкция позволяет осуществлять легкую регулировку и удобство подключения блока к стендам для испытаний и контроля: ввод и вывод сигналов осуществляется по краям плат. Контрольные точки вынесены на отдельные штырьки по краям плат для подключения измерительной аппаратуры. Существует возможность для замены изношенных или неисправных деталей или сборочных единиц без полной разборки: все компоненты легкодоступны при снятии кожуха, расположены на некотором расстоянии друг от друга, что обеспечивает удобство работы с ними.

Для сокращения затрат на изготовления в качестве основной несущей конструкции был выбран готовый блок, изготовленный в заводских

условиях, потребовавший лишь нескольких отверстий. Таким использование заимствованных изделий позволило упростить разработку.



а)



б)

Рисунок 5.1 – внешний вид корпуса
а) со снятой крышкой б) с крышкой

6. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе исследуются схема управления системой термостатирования скважинных приборов. Используется в инклинометрических приборах. Потребители: нефтяные, газовые, рудные и строительные компании. Для выполнения анализа потребителей схем управления системой термостатирования был рассмотрен целевой рынок и проведено их сегментирование.

Сегментировать рынок услуг по разработке инклинометрических систем можно по следующим критериям: месторасположение, конкурентоспособность продукты (таблица 6.1).

Таблица 6.1: Карта сегментирования рынка услуг по разработке уровнемеров

| Месторасположение | | Конкурентоспособность продукты | |
|-------------------|---|--------------------------------|-----------|
| | | точность | стоимость |
| | Крупные (производство, предприятия...) | A, D | B |
| | Средние (магазин, университет...) | A,D | B |
| | Мелкие (жители, ...) | C | B, C |

A. ЗАО "Тюменская геофизическая компания"; B. ОАО "Красноярская УГР";

C. "Юганскнефтегазгеофизика; D. ОАО "Сургутнефтегазгеофизика;

6.2. Анализ конкурентных технических решений

Таблица 6.2: Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) (100-100/60-А, ИОН-3, ИГН 73-100/80):

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкуренто-способность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| | | B _B | B _{G1} | B _{G2} | B _B | B _{G1} | B _{G2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 1. Повышение производительности труда пользователя | 0,1 | 5 | 4 | 3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,05 | 4 | 3 | 3 | 0,2 | 0,15 | 0,15 |
| 3. Надежность | 0,18 | 5 | 5 | 4 | 0,9 | 0,9 | 0,72 |
| 4. Простота эксплуатации | 0,05 | 4 | 3 | 3 | 0,2 | 0,15 | 0,15 |
| 5. Качество интеллектуального интерфейса | 0,09 | 5 | 4 | 3 | 0,45 | 0,36 | 0,27 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,07 | 5 | 4 | 3 | 0,35 | 0,28 | 0,21 |
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0,07 | 4 | 4 | 5 | 0,28 | 0,28 | 0,35 |
| 3. Цена | 0,07 | 4 | 4 | 4 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,15 | 5 | 5 | 5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 5. Послепродажное обслуживание | 0,06 | 5 | 3 | 3 | 0,3 | 0,18 | 0,18 |
| 6. Финансирование научной разработки | 0,03 | 5 | 5 | 4 | 0,15 | 0,15 | 0,12 |
| 7. Срок выхода на рынок | 0,02 | 5 | 4 | 4 | 0,1 | 0,08 | 0,08 |
| 8. Наличие сертификации разработки | 0,06 | 4 | 5 | 4 | 0,24 | 0,3 | 0,24 |
| Итого | 1 | 60 | 53 | 48 | 4,65 | 4.21 | 3,75 |

6.3. FAST-анализ

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает схема управления системой термостатирования скважинного прибора.

Для облегчения процесса выделения и классификации функций схемы управления системой термостатирования была построена таблица 3.

Таблица. 6.3- Функции схемы управления системой термостатирования

| Наименование детали | Количество | Выполняемая функция | Ранг функции | | |
|---------------------|------------|---------------------|--------------|----------|-----------------|
| | | | Главная | Основная | Вспомогательная |

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------|--|---|---|---|
| (узла, процесса) | деталей на узел | | | | |
| Плата управления | 1 | Формирование управляющих сигналов | X | | |
| Управляющие транзисторы | 1 | Включение-выключение исполняющих органов | X | | |
| Термодатчик | 1 | Измерение температуры | X | | |
| Исполняющие органы | 1 | Нагрев и охлаждение гироскопа | | X | |
| Корпус | 1 | Соединение | | | X |

Определение значимости выполняемых функций объектом (табл. 4).

Таблица. 6.4 - Матрица смежности функции

| | | | | | |
|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------|--------------------|--------|
| | Плата управления | Управляющие транзисторы | Термодатчик | Исполняющие органы | Корпус |
| Плата управления | = | > | > | > | = |
| Управляющие транзисторы | < | = | < | > | < |
| Термодатчик | < | > | = | > | < |
| Исполняющие органы | < | < | < | = | < |
| Корпус | < | < | < | < | = |

Таблица 5 – матрица количественных соотношений функций

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | Функция 1 | Функция 2 | Функция 3 | Функция 4 | ИТОГО |
| Функция 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 5,5 |
| Функция 2 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1,5 | 3,5 |
| Функция 3 | 0,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 4,5 |
| Функция 4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 2,5 |
| | | | | | Σ=16 |

Для функции 1 относительная значимость равна $5,5/16 = 0,34$; для функции 2 – $3,5/16 = 0,22$; для функции 3 – $0,28$; для функции 4 – $0,16$.

Таблица 6 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

| Наименование детали (узла, процесса) | Количество деталей на узел | Выполняемая функция | Норма расхода, кг | Трудоемкость детали, нормо-ч | Стоимость материала, руб. | Заработная плата, руб. | Себестоимость, руб. |
|--------------------------------------|----------------------------|--|-------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Плата управления | 1 | Формирование управляющих сигналов | - | 1 | 1000 | - | 1000 |
| Управляющие транзисторы | 1 | Включение-выключение исполняющих органов | - | 2 | 300 | - | 300 |
| Термодатчик | 1 | Измерение температуры | - | 1 | 700 | 300 | 1000 |
| Исполняющие органы | 1 | Нагрев и охлаждение гироскопа | - | 2 | 60 | 100 | 160 |
| Корпус | 1 | Соединение | - | 1 | 100 | 400 | 500 |

Для функции 1 относительный затрат равен $5,5/2458 = 0,41$; для функции 2 – $300/2458 = 0,12$; для функции 3 – $0,41$; для функции 4 – $0,06$.

Функционально-стоимостная диаграмма объекта представлена в рисунке X.

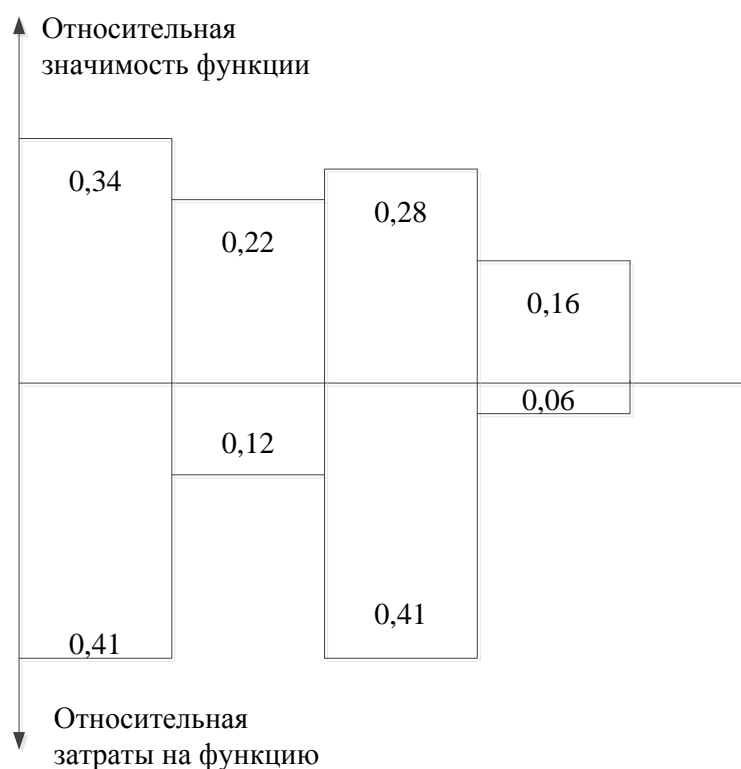


Рис. 6.1. функционально-стоимостная диаграмма.

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью (полезностью) функций и затратами на них. Анализ приведенной выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 2, 4. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

В качестве конкретных шагов, которые необходимо предложить на данном этапе, должны выступать предложения связанные с экономией за счет:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- устранения функционального резерва;
- оптимизации технических параметров;
- унификации сборочных единиц и деталей;
- совмещения функций в сборочных единицах и деталях;
- оптимизации параметров надежности;
- повышения ремонтпригодности;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов и т.д.

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

6.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 6.7 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|---|--|---|
| 1 | Определен имеющийся научно-технический задел | 3 | 4 |
| 2 | Определен имеющийся научно-технический задел | 4 | 4 |
| 3 | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке | 3 | 2 |
| 4 | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок | 3 | 2 |
| 5 | Определены авторы и осуществлена охрана их прав | 3 | 5 |
| 6 | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности | 4 | 5 |
| 7 | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта | 3 | 3 |
| 8 | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки | 2 | 2 |
| 9 | Определены пути продвижения научной разработки на рынок | 1 | 1 |
| 10 | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки | 5 | 5 |
| 11 | Проработаны вопросы | 1 | 1 |

| | | | |
|----|---|-----------|-----------|
| | международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок | | |
| 12 | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 2 | 1 |
| 12 | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки | 1 | 1 |
| 14 | Имеется команда для коммерциализации научной разработки | 1 | 1 |
| 15 | Проработан механизм реализации научного проекта | 5 | 5 |
| | ИТОГО БАЛЛОВ | 41 | 42 |

И так получится, что оценка готовности научного проекта к коммерциализации находится в диапазоне от 44 до 20 – то перспективность средняя. Для улучшения оценки готовности научного проекта к коммерциализации необходимо определены пути продвижения научной разработки на рынок и улучшить его качество работы.

6.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Как сказал выше, для улучшения оценки готовности научного проекта к коммерциализации необходимо определены пути продвижения научной разработки на рынок. И для этого, в этом разделе будем выбрать метод коммерциализации.

Выбранным методом коммерциализации является торговля патентными лицензиями. т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Поскольку проект создан не компаниями, а студентами, поэтому уверенность в продукции покупателей на рынке не высокая. При этом нужна помощь третьего лица, которое имеет престиж на рынке.

6.6. Инициация проекта

6.6.1. Цели и результат проекта

В таблице 8 представляется информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 6.8

| | |
|-------------------------------------|---|
| Цели проекта | Разработка схемы управления системой термостатирования для скважинных приборов |
| Ожидаемые результаты проекта | 1) Блок управления системой термостатирования 2) Комплект сопроводительной документации проекта; 3) Результаты испытаний; |
| Критерии приемки результата проекта | Выполнение пунктов 1-3 графы «Ожидаемые результаты проекта». |
| Требования к результату проекта | Диапазон температур -50 +150 °С |
| | Поддержание температуры на уровне 75°С |
| | Погрешность не выше $\pm 0,5$ °С |

6.6.2. Организационная структура проекта

Таблица 6.9

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, час. |
|-------|--|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1 | Белянин Л.Н., к.т.н, доцент кафедрой ТПС | руководитель магистерской диссертации | отвечает за реализацию проекта | 240 |
| 2 | Ильясов Б.Б, магистр кафедры ТПС | исполнитель проекта | выполняет проект | 960 |

6.6.2.3. Ограничения и допущения проекта

Таблица 6.10

| Фактор | Ограничения/ допущения |
|-------------------------|------------------------|
| Бюджет проекта | |
| Источник финансирования | |
| Сроки проекта | 6 месяцев |

| | |
|--|------------|
| Дата утверждения плана управления проектом | 01.01.2016 |
| Дата завершения проекта | 20.06.2016 |
| Прочие ограничения и допущения* | |

6.7. Планирование управления научно-техническим проектом

6.7.1. Контрольные события проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 6.11).

Таблица 6.11- календарный план проекта

| Название работы | Исполнители | | Длительность работ в рабочих днях T_{pi} | | Длительность работ в календарных днях T_{ki} | |
|--|--------------|---------|--|-------|--|-------|
| | Исп.1 | Исп.2 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.1 | Исп.2 |
| Составление и утверждение технического задания | Руководитель | - | 0 | 8 | 0 | 2 |
| Подбор и изучение материалов по теме | | Студент | 0 | 8 | 0 | 20 |
| Выбор направления исследований | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 1 |
| Календарное планирование работ по теме | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 4 | 4 |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 19 |
| Разработка блок-схемы, принципиальной схемы | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 10 |
| Расчет принципиальной схемы устройства | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 18 |
| Выбор и расчет конструкции | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 10 |
| Оценка технологии конструкции и эффективности производства | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 4 | 4 |
| Технологическая операционная карта | Руководитель | Студент | 8 | 8 | 1 | 24 |

6.8. План проекта

На основе табл. 6.11 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 12 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 6.12: Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| Вид работ | Исполнитель | T_{ki} , кал. дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------|------------------------------------|----|------|----|----|------|----|----|--------|----|----|-----|----|--|--|
| | | | Январ. | | Февр | | | март | | | апрель | | | май | | | |
| | | | 10 | 20 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | | |
| Составление и утверждение технического задания | Руководитель | 2 | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Подбор и изучение материалов по теме | Студент | 20 | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Выбор направления исследований | Руководитель Студент | 1 | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Календарное планирование работ по теме | Руководитель Студент | 4 | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | Руководитель Студент | 1/19 | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Разработка блок-схемы, принципиальной схемы | Руководитель Студент | 1/10 | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| Расчет принципиальной схемы устройства | Руководитель Студент | 1/18 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| Выбор и расчет конструкции | Руководитель Студент | 1/10 | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Оценка технологии и эффективности производства | Руководитель Студент | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Технологическая операционная карта | Руководитель Студент | 1/24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



- Руководитель



- Студент

6.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

6.9.2 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Таблица 6.13 – Затраты на материалы

| Наименование | Кол-во | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб. |
|---|--------|-----------------------|-------------|
| Электронные компоненты | | - | 700 |
| Стеклотекстолит | 1 | 240 | 240 |
| Всего за материалы | | | 940 |
| Транспортно-заготовительные расходы (5%) | | | 47 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Итого по статье С_м | 987 |
|--------------------------------------|-----|

6.10 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 14: Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

| № | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования | Цена единицы оборудования, тыс.руб. | Общая стоимость оборудования, тыс.руб. |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | Компьютер | 1 | 35 | 35 |
| 2 | Мультиметр | 1 | 0,5 | 0,5 |
| 3 | Монтажный инструмент | 1 | 1 | 1 |
| 4 | Паяльная станция | 1 | 3 | 3 |
| Всего за специальное оборудование | | | | 40170 |
| Монтажу в размере 15% от его цены | | | | 6025.5 |
| Итого: | | | | 46195.5 |

6.11 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату: $C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$ (17)

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (18)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (19)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (20)$$

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

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

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

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

Таблица 6.15: Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Студент |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней | 366 | 366 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные дни | 52 | 52 |
| - праздничные дни | 27 | 27 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 24 | 48 |
| - невыходы по болезни | 0 | - |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 263 | 239 |

Таблица 6.16: Заработная плата

| Исполнители | Разряд | k_t | $Z_{тс}$, руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_m , руб. | $Z_{дн}$, руб. | T_p , раб. дн. | $Z_{осн}$, руб. |
|-----------------|--------|-------|--------------------|----------|-------|-------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| Руководитель | | | 23264.86 | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 48390.91 | 2060,75 | 16 | 32972 |
| Студент | | | 6342.03 | | | 1.3 | 8244.639 | 239.94 | 108 | 25902.72 |
| Итого $Z_{осн}$ | | | | | | | | | | 58874.72 |

6.12 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей

формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (21)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 6.17: Заработная плата исполнителей НТИ

| Заработная плата | Исп. |
|---------------------------------|----------|
| Основная зарплата | 58874.72 |
| Дополнительная зарплата | 8831.208 |
| Итого по статье $C_{\text{зп}}$ | 67705.92 |

6.13 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \\ = 0.271 \cdot (67705.92) = 18348.306$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

6.14 Расчет затрат на научные и производственные командировки

В процессе изготовления установки не необходимо командировки, поэтому затрат на научные и производственные командировки равен нулю.

6.15 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

В нашем проекте не больше другие участвуют, поэтому контрагентные расходы не прочитывать.

6.16 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (23)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 80-100%.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}} = 0.8 \cdot (67705.92) = 54164.74$$

6.17 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл.6.18.

Таблица 6.18: Расчет бюджета затрат НИИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| 1. Материальные затраты НИИ | 1816.8 |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 46195.5 |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 58874.72 |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 8831.208 |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды | 18348.306 |
| 6. Затраты на научные и | 0 |

| | |
|-------------------------------|----------|
| производственные командировки | |
| 7. Контрагентские расходы | 0 |
| 8. Накладные расходы | 54164.74 |

6.18 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

В работе задача выполняется по заданному требованию и не был рассмотрен другой вариант разработки объекта исследования, поэтому не можем сравнить и сделать вывод о эффективности варианта решения с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Для ознакомления с методом определения ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования были проведены расчеты всех коэффициентов разработки.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{54164.74}{54164.74} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 21).

Таблица 21: Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования критерии | Весовой коэффициент параметра | Исп.1 |
|---|-------------------------------|-------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,25 | 5 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,15 | 5 |
| 3. Помехоустойчивость | 0,15 | 5 |
| 4. Энергосбережение | 0,15 | 4 |
| 5. Надежность | 0,25 | 5 |
| 6. Материалоемкость | 0,05 | 4 |
| ИТОГО | 1 | 4,8 |

$$I_{p-исп1} = 5*0,25 + 5*0,15 + 5*0,15 + 4*0,15 + 5*0,25 + 4*0,05 = 4,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,8}{1} = 4,8$$

7. Социальная ответственность

7.1 Введение

Основным объектом исследования является разработка блока управления системой термостатирования для скважинного прибора.

Основными работами при проведении исследования являются выполнение процесса пайки, сборки системы термостатирования и ее наладка. При разработке используются два рабочих стола: первый рабочий стол для разработки системы термостатирования; второй стол для работы в системах автоматизированного проектирования на ПК.

7.1.1. Производственная социальная безопасность

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работы на рабочем месте приведены на таблице 7.1:

Таблица 7.1: Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.) | | Нормативные документы |
|--|---|-----------------------------|---|
| | Вредные | Опасные | |
| Проводник без изоляции | | Электрический ток | ГОСТ 12.1.038 – 82 |
| Движение двигателя сверлильного станка | Превышение уровней шума | Движущиеся части механизмов | ГОСТ 12.1.003 – 83 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 |
| Корпус станка и двигатель | Превышение уровней вибрации, электромагнитное поле | | СН 2.2.4/2.1.8.566-96 |
| Используемые лампы | Недостаточная освещенность рабочей зоны | | СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 |
| Пайка | Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу | Термическая опасность | ГОСТ 12.1.007–76 |
| Блок управления системой термостатирования | Электромагнитные поля | Электрический ток | ГОСТ 12.1.038 – 82 |

7.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований

Вредные факторы

Источниками шума являются генератор и двигатель сверлильного станка, которые работают на частоте 400Гц. Повышенный уровень шума на рабочем месте с долгим временем слух и способность работы человека ухудшается. В помещении лабораторной для проведения экспериментальных работ допустимый уровень звука и эквивалентный уровень звука не выше 60 дБА (по норме СН 2.2.4/2.1.8.562-96).

Источниками вибрации так же являются генератор и непрочность установки сверлильного станка. Повышенный уровень локальной вибрации влияет на организм и способности человека. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96, ГОСТ 12.4.002–74 определили допустимые нормы локальной вибрации на рабочем месте в лаборатории. Вибрация по паспорту равна 150Дб.

Источником электромагнитных полей является обмотка двигателей и системный блок генератора. Допустимые нормы повышенного уровня электромагнитных излучений находятся в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц.

Еще один вредный фактор при разработке блока управления системой термостатирования – это выделение вредных веществ: олова, вредных веществ из-за процесса пайки. По ГОСТ 12.1.007-76 допустимые нормы равны 10,0 мг/м³ (предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны для малоопасных веществ). Поскольку в процессе исследования объекта выделение вредных веществ не значительно, поэтому при исследовании нужно провести порядок обращения и после этого убирать всё выделение.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течении 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают

предпосылки для высокого уровня работоспособности. При проведении работы в лабораторной помещении указываются допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы согласно СанПиН 2.2.4.548–96. Работа выполняется на сверлильном станке, связанная с перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов, поэтому категория тяжести выполняемых работ относится к Па.

| Сезон года | Категория тяжести выполняемых работ | Температура, С ⁰ | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/сек | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | | Фактич. | Допустим. | Фактич. | Допустим. | Фактич. | Допустим. |
| Холодный | Па | 1 | 21 | 1 | 15 | 0,1 | 0,3 |
| | | 7,0 - 18,9 | ,1 - 23,0 | 6,0 - 24,0 | - 75 | | |
| Теплый | Па | 1 | 22 | 1 | 15 | 0,1 | 0,4 |
| | | 8,0 - 19,9 | ,1 - 27,0 | 7,0 - 28,0 | - 75* | | |

В рабочем помещении должна быть принудительная вытяжная вентиляция, через которую воздух поступает в лабораторное перемещение и удаляется из лабораторного перемещения.

Опасные факторы

Источниками электрического тока являются блок генераторов и система проводников. Из-за повреждения изоляции проводников или электрозондирования генератора может привести к электротравме человека.

Существуют три основных вида поражения электрическим током: электрические травмы, электрические удары, электрический шок. Электрическая травма - местное поражение тканей и органов электрическим током: ожоги, электрические знаки, электрометаллизация кожи, поражение глаз воздействием на них электрической дуги (электроофтальмия),

механические повреждения. Электрический удар - это возбуждение живых тканей организма проходящим через них электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. Степень отрицательного воздействия этих явлений на организм может быть различна. Небольшие токи вызывают лишь неприятные ощущения. При токах, превышающих 10-15 мА, человек не способен самостоятельно освободиться от токоведущих частей и действие тока становится длительным (неотпускающий ток). При токе, равном 20-25 мА (50 Гц), человек начинает испытывать затруднение дыхания, которое усиливается с ростом тока. При действии такого тока в течение нескольких минут наступает удушье. При длительном воздействии токов величиной несколько десятков миллиампер и времени действия 15-20 с могут наступить паралич дыхания и смерть. Токи величиной 50-80 мА приводят к фибрилляции сердца, т.е. беспорядочному сокращению и расслаблению мышечных волокон сердца, в результате чего прекращается кровообращение и сердце останавливается. Действие тока величиной 100 мА в течение 2-3 с приводит к смерти (смертельный ток). Электрический шок - своеобразная реакция нервной системы организма в ответ на сильное раздражение электрическим током: расстройство кровообращения, дыхания, повышение кровяного давления.

При работе используется разнообразный электроинструмент: паяльники, источники питания и тд. При работе с паяльником существует опасность получения ожога или поражения электрическим током.

7.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

- Предлагаемые средства защиты от вредных факторов:

+ *Шум:*

- средства, снижающие шум вибрационного (механического) происхождения: виброизолирующие опоры;

- средства, снижающие передачу воздушного шума: против шумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи.

+ Вибрация:

Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования» для защиты от вибрации применяют антивибрационные рукавицы с поролоновыми прокладками или наладонниками из резины. Для изоляции рабочих от вибрирующего пола применяют специальную обувь на антивибрационной подошве; резино-войлочные маты; антивибрационные площадки; антивибрационные сидения.

+ Электромагнитное поле:

- Методы, исключаящие или снижающие интенсивность генерации зарядов: увлажнение воздуха до относительной влажности 65...75%; химическая обработка поверхности электропроводными покрытиями; нанесение на поверхность антистатических веществ; нейтрализация зарядов с применением индукционных, высоковольтных, высокочастотных, радиоактивных нейтрализаторов.

+ Вредные вещества

Образующиеся в процессе пайки дым и газы не только оказывают вредное воздействие на дыхательную систему, кожу и глаза монтажника, но и усложняют рабочий процесс, элементарно затеняя и ухудшая видимость в рабочей области. Чтобы избежать от этих вредных воздействий, на рабочем месте применяется дымоуловитель.

- Предлагаемые средства защиты от опасных факторов:

+ Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;

- защитное отключение;
- средства индивидуальной электробезопасности: печатки, одежда.

+ *Движущиеся части механизмов*

Для защиты от опасности движущихся частей применяем следующие методы: фиксация (установка ограждения), блокировка (отключает или отсоединяет мощность и предотвращает запуск машины с открытой защитой), регулировка (устанавливается ограждение, которое может регулироваться, чтобы облегчить многие производственные операции), саморегуляция (устанавливается ограждение, которое передвигается в соответствии с размером материала, поступающего в опасную зону).

+ *Термическая опасность*

При использовании паяльника, чтобы избежать от опасности ожогов и пожаров монтажник должен соблюдать следующие правила:

- Держать нагретый паяльник только за пластмассовую (деревянную) ручку;
- В перерывах между пайками нужно вставить паяльник на специальную подставку или основание из невоспламеняющегося материала: асбеста, керамики и т. п.;
- Необходимо следить за тем, чтобы хлорвиниловая изоляция проводов, по которым подводится к паяльнику ток, случайно не коснулась горячего кожуха или стержня;
- В процессе пайки можно носить перчатки для защиты от термического воздействия.

7.2. Экологическая безопасность

Негативное воздействие на атмосферу является выделением ядовитого дыма, сопровождающимся пайкой. При плавлении флюсов для пайки происходит выделение аэрозолей со специфическим запахом и газов. Кроме этого после пайки остаются металлы: олово, свинец и флюсы с гидразином. Но как уже сказано выше, количество выделение вредных веществ мало,

поэтому после монтажа нужно убирать все выделенные металлы. Для удаления вредных веществ – дыма и газа рабочее место должно быть оснащено дымоуловителем или в рабочем помещении используется систему вентиляции.

После прекращения эксплуатации блока управления системой термостатирования его можно утилизировать как обычный бытовой прибор.

7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований:

- Землетрясение
- Пожар
- Террористический акт

Типичная ситуация является пожаром. Возникновение пожара при проведении исследований обуславливается следующими факторами:

- наличие легко воспламеняемых элементов: документы, двери, столы и т.п.;
- наличие кислорода, как окислителя процессов горения;
- нарушенная изоляция электрических проводов.

7.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.

При разработке прибора также возможно возникновение пожара. Возникновение пожара в рассматриваемой лаборатории при исследовании объекта обуславливается следующими факторами:

- Из-за короткого замыкания;
- Касание паяльника к легким воспламеняемым элементам.

7.3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Для сведения возможности возникновения пожара в помещении к минимуму необходимо выполнять противопожарные меры:

- по возможности снизить количество легко воспламеняющихся веществ, заменив их аналогами, неподдающимися горению;
- устранить возможные источники возгорания;
- иметь в обязательном наличии средства пожаротушения (углекислотные огнетушители, пожарный инструмент, песок);
- провести пожарную сигнализацию в помещении;
- содержать электрооборудование в исправном состоянии, по возможности применяя средства, предотвращающие возникновение пожара;
- содержать пути и проходы эвакуации людей в свободном состоянии;
- проводить периодически инструктаж по технике безопасности;
- назначить ответственного за пожарную безопасность помещения.

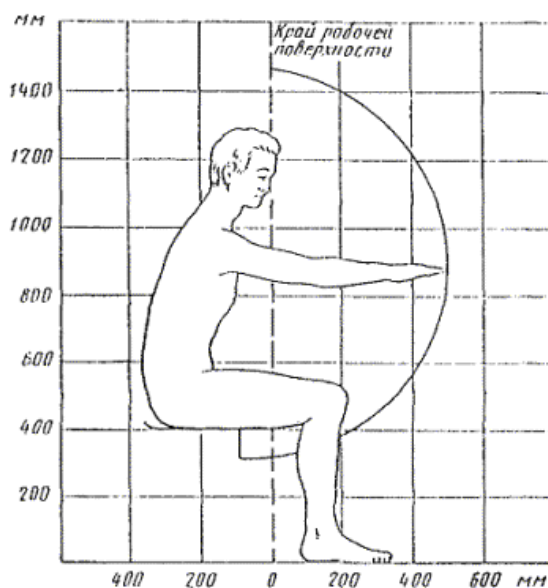
Порядок действий в ситуации возникновения пожара:

1. Незамедлительно сообщить об этом по телефону 01 в пожарную охрану;
2. В случае сильного задымления и ограниченной видимости не следует паниковать, надо лечь на пол и осмотреться, сориентироваться в помещении, определить направление движения к выходу и покинуть помещение;
3. Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей в соответствии с планом эвакуации и реально создавшейся ситуацией;
4. По возможности отключить электроэнергию и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, не подвергая свою жизнь опасности.

7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

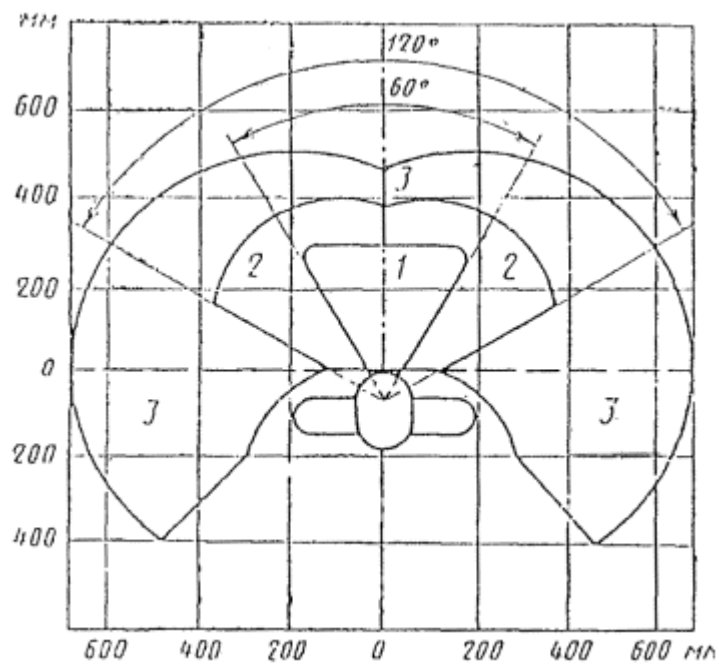
При проведении исследований объекта необходимо сидеть за компьютером и столом, поэтому по ГОСТ 12.2.032-78 работа соответствует к работе сидя. Настоящий стандарт устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов:

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля (рис).



Рисунок

Рабочее место должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рисунке.



Подставка для ног должна быть регулируемой по высоте. Ширина должна быть не менее 300 мм, длина - не менее 400 мм. Поверхность подставки должна быть рифленой. По переднему краю следует предусматривать бортик высотой 10 мм.

Высота сиденья для женщины 400 мм, для мужчины 430 мм.

Заключение

В данной диссертации рассмотрены системы термостатирования скважинных приборов. В работе описаны основные принципы работы системы термостатирования, проведен анализ задания и на основе его выполнено конструирование блока управления системой термостатирования.

Объектом исследований являются скважинные приборы гироскопических инклинометров. Цель данной работы состояла в разработке системы термостатирования скважинного прибора.

В разделе 1 были рассмотрены теоретические основные системы термостатирования, их классификации и основные узлы.

В разделе 2 был проведен анализ задания и сформированы требования для последующего проектирования блока управления системой термостатирования.

В разделе 3 проведен расчет основных параметров электрической схемы устройства

По результатам выполненного задания для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» было достигнуто следующее:

- Были определены потенциальные потребители результатов исследования;
- Проведен SWOT-анализ, по результатам которого можно сделать вывод, что данная технология имеет преимущества по сравнению с имеющимися разработками.
- Составлен план проекта, в соответствии с которым определяются объем работ и время, затрачиваемое на ее выполнение.– Рассчитан бюджет научного исследования.
- Проведена оценка экономической выгоды исследования.

В разделе «Социальная ответственность» магистерской работы описали рабочее место, провели анализ выявленных вредных и опасных

проявлений факторов производственной среды, затронули вопросы охраны окружающей среды, рассмотрели защиту при возникновении чрезвычайных ситуаций, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а также организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

На основании вышеизложенного можно заключить, что работа выполнена в полном объеме, цель достигнута.

Список использованных источников

1. Ковшов Г.Н., Коловертнов Г.Ю. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении. Уфа: УГНТУ, 2001, 228с.
2. Воробьев А. В., Шакирова Г. Р, Иванова Г. А. Исследование и анализ естественных факторов, воздействующих на метрологические характеристики магнитометрических инклинометров. Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. Выпуск № 1 / том 19 / 2015
3. Тогулев В.В., Сайкин К.С. Системы термостатирования в радиоэлектронике. Казань:КГУ, 1997, 17с.
4. Белянин Л. И.. Мартемьянов В.М. Термостатирование чувствительных элементов скважинных приборов. Российская научно-техническая конференция «Научно-технические проблемы приборостроения машиностроения», г.Томск. 28 - 29 сентября 2004 года. Сборник трудов. – Томск: издательство ТПУ, 2004, с.59 - 62.
5. Belyanin L.N. Zaigraev E.V. The diagram of thermostating control system of well devices. Collection "Modern technique and technologies" (МТТ' 2005). proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference of Students. Post-graduates and Young Scientists, Russia, Tomsk, March 29 – April 2, 2005, p. 26-27.
6. Основы автоматического управления: учеб, пособие для студ. выш. учеб заведений / В.Ю. Шишмарев. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 352 с.
7. Гольдштейн А.Е. Физические основы измерительных преобразований Измерительные преобразования в тепловых полях: Учебное пособие Томск: 2007. - 26 с.
8. WWW.modcl.expjntenta.ru
9. Гормаков А.И. Технология приборостроения. Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 1999.-240 с.

10. Электронные приборы и устройства на их основе: Справочная книга К).А. Быстров. С.А. Гамкрелидзе. Е.Б. Иссерлин, В.П. Черепанов. 2-е над., перераб. и доп. - М.: РадиСофт, 2002. - 656 с.
11. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер. с англ. М.: Мир. 1983.-Т.2.-590 с.
12. Гольдберг Л.М. Импульсные устройства: Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 1981.- 224 с.
13. . Принцип проектирования систем автоматического управления: Пер. с англ. / В. Дель Торо, С.Р. Паркер; Под ред. В.А. Боднера. М.: Машин. 1963.-559 с.
14. Лсик Дж. Электронные схемы: Практическое руководство. - М.: Мнр. 1985.-343 с.
15. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство: Пер. с нем. У.Титце, К. Шенк; Под ред. Л.Г. Алексенко. - М.: Мир, 1982. - 512 с.
16. Пейтон Л. Дж. Волш. В. Аналоговая электроника на операционных усилителях М.: Бином, 1994 - 352 с.
17. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике. Пер. с нем. - М.: Мир, 1991. -466 с.
18. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности: учебно-методическое пособие / Л.Н. Белянин. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 80 с.
19. Пирогова Б.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 560 с.
20. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
21. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
22. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

23. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
24. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пос. для вузов //П. П. Кукин, В.Л. Лапшин, Е. А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк. 1999. – 318 с.
25. Безопасность жизнедеятельности. Учеб. для вузов // С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. – М.: Высш. шк., 1999.– 448 с.
26. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Изд-во Моск. гос. гор. ун-та, 2000.– 430 с.
27. Комментарий к Закону РФ "Об охране окружающей природной среды" /Под ред. С.А. Боголюбова. – М.: М-Норма, 1997. – 382 с.
28. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога) /Под ред. Перхуттина В.П. – М.: Интра-Инженерия, 2005. – 864 с.
29. Основы экологии и экологическая безопасность / Под ред. В. В. Шкарина, И. Ф. Колпащиковой. – Новгород: Изд-во Нижегород. гос. мед. Академии, 1996. – 172 с.
30. Охрана окружающей среды: Учеб. для вузов /Автор – сост. А. С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 559 с.
31. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
32. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
33. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изм. 1990 г.).
34. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
35. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 - Производственная вибрация, вибрация в

помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.

Приложение А

Раздел (1)

Аналитический обзор схем построения приборов ориентации
(Analytical review of the schemes of constructing devices of orientation)

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------|---------|------|
| 1БМ4В | Ильясов Борис Борисович | | |

Консультант кафедры _____ ТПС

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Беянин Л.Н. | К.Т.Н | | |

Консультант – лингвист кафедры _____ ИМОЯК

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Кошелева Е.Ю. | К.И.Н. | | |

1. Overview of the principles of building temperature control systems for instrumentation components

1.1 Assumptions

As noted above, the directional inclinometer systems must operate in severe conditions: high temperatures up to 200 ° C and pressures up to 150 MPa. At the same time the deepening of the wellbore, the temperature rises and the liquid is continuously circulated during drilling, which affect the thermal regime [1]. Most often for most boreholes these parameters do not exceed values of 100-120 ° C and 60 MPa [2]. Consequently, TCS intended for use in ERC of a downhole systems are not similar systems to the other areas of science and technology, especially small dimensions and weight, short time-to-start and a high accuracy of the temperature stabilization.

To reduce the influence of temperature changes on the work of downhole instrumentation sensors is possible to use several approaches to narrow temperature ranges: the first way - to use elements with a low temperature coefficient and the creating a temperature compensation circuit, the second - circuit design, in which the influence coefficients have minimum values, and the third - the creation of TCS. In recent times it has spread and algorithmic methods compensate for temperature errors. In such systems uses sensors to measure temperature, the signal from which are sent to the calculator, performs information processing. The calculator corrects readings based on the known dependence of the temperature sensor error.

The first two methods are not give the desired result, the work satisfying the conditions in this case are quite complex. Currently, most devices used in the design of active temperature control systems [3].

Structural TCS scheme of this type in accordance with the theory of automatic control is shown in Fig. 1. On the control object affects the external positive or negative heat flux T_c , changing the temperature inside the downhole tool. This leads to a temperature sensor output signal change having the output voltage of the U_t , the proportional change in the temperature control of the object.

stabilization temperature is set by the voltage setting U_{ust} . Further, mismatch of these voltages is supplied to an amplifier output voltage which sets the current value of the valve. Heat flow actuator compensates for variations in the instrument.

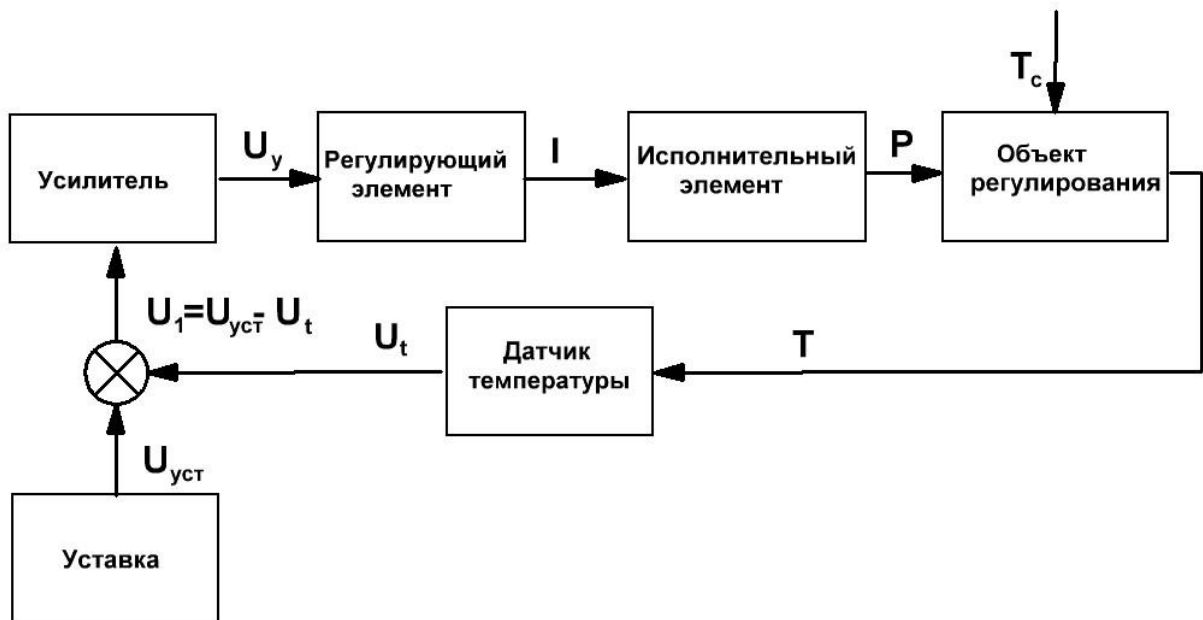


Figure 1 - a generalized block diagram of the TCS

1.1 Principles of regulation TCS.

Also, there are several principles of regulation applied in the TCS. proportional (the P-control), integral (I-control), PID (PI-control), position (for example, two or three position), proportional-integral-differential (the PID-control): To date, the following basic principles of regulation are applied.

With proportional P-regulating power from a mean value supplied to the TCS executive body is proportional to the temperature deviation from the set value. When regulator is close to the stabilization point, then the power delivered to the active element are decreases.

At the I-regulation, at a temperature below stabilization temperature regulator continuously increases the power supplied to the actuator until the temperature is equal to the specified value.

PI-regulation involves the combination of proportional and integral control. When the temperature change of the set value PID controller creates uneven, which is then reduced to zero.

Position control actuator can only take discrete values. For example, when two permanent OFF control positions - above and below the predetermined value.

1.2 Classification of TCS.

By the principle of action of all TCS are divided into active and passive. The passive STS is not a regulator, and temperature compensation for the oscillation produced by a thermal insulation. Passive TCS is a conventional thermostat and is characterized by small operating time and at long intervals. [4] Passive TCS are used in applications where heat own small and do not require high accuracy of temperature control.

According to the accuracy of TCS can be both rough and precision. Rough STS characterized stabilization error is greater than or equal to $\pm 0,1 \text{ }^\circ \text{C}$, and precision (can only be active) - with an error stabilization less than $\pm 0,1 \text{ }^\circ \text{C}$ [5].

TCS may be reversible and irreversible. Irreversible characterized by the influx of heat only or just cold. In this case stabilization temperature should lie outside the range of ambient temperatures. Reversible also provide inflow and cold and heat. stabilization temperature is within the range of ambient temperatures.

TCS include various temperature sensors. They can be of different types: proximity (thermocouples, thermistors, resistance thermometers) and contact (mercury thermal contactors, contact thermometers and bimetallic relays, etc.). By the thermal sensors have the following requirements:

1. High sensitivity
2. Stability
3. Low inertia
4. Small sizes, high vibration and shock resistance

TCS equipped with a variety of the type of executive bodies: Spiral heaters, heaters or transistor semiconductor thermopile.

As can use different cooling methods: cooling due to heat dissipation into the environment, the use of compression refrigerators, special heat absorbents thermoelectric converters. Cooling by heat dissipation into the environment is possible only if the ambient temperature is below stabilization temperature for a downhole tool, this approach limits the range of acceptable depths. The use of adsorbents is often used in downhole technology, but severely restricts the time of the STS. Compression refrigerators and even have a high efficiency and accuracy, have dimensions, limiting the application in inclination. Services provided at the Department of TCS show that the optimal solution for cooling in Gyroscopic inclinometers is the use of thermoelectric converters Peltier elements [6]. They have a small size and sufficient power.

2. Analysis of the requirements for the management of the scheme and formulation of tasks

2.1 TCS Gyroscopic inclinometers IGN 100-100 / 60-A.

In the development of the basis was taken Gyroscopic inclinometers IGN100-100 / 60-A, developed earlier at the Department of PIM (ΦΙΟΡΑ.402113.242.000.EZ).

The sensors in this device are used the dynamically tuned gyro GVK-6. TCS of the inclinometer includes a heating winding for the gyroscope and the ballast resistor. If necessary, additional heaters can be mounted on the housing for sensing elements of the gyroscopic inclinometers.

TCS Gyroscopic inclinometers IGN100-100 / 60-A based on the principle of reheating. The heating coil is activated at the temperature below stabilization temperature. If the temperature of the object becomes higher than a stabilization temperature, the heating coil is switched off. Temperature of the object is lowered due to heat dissipation from the control object to surrounding space. It is controlled by PWM signal system, so that constantly enabled or heating coil or

ballast resistor. In this decision it is necessary to replace the ballast resistor in the cooler to the a Peltier element.

GVK-6 is dynamic tuned console type gyroscope with a monolithic gimbal. This sensor is used mainly in the aircraft industry.

The structure of the IGN100-100 / 60-A includes a measuring bridge for temperature measurement and simultaneous input settings determine the stabilization temperature. Temperature control system inclinometer IGN 100-100 / 60-A has a serious drawback - conducted interference [7].

The standard temperature sensor of the gyro used as a temperature sensor. it is a wire-type sensor. It is the best decision for this application, since only the thermocouple and wire type sensors may operate at temperatures above 100 ° C. It is also has high sensitivity and improved reliability in difference to the thermocouple.

The heater will be used standard heating coil sensor GVK-6. According to the task need to provide a linear control law, at least in the area around stabilization temperature, as shown in Fig. 2.1.

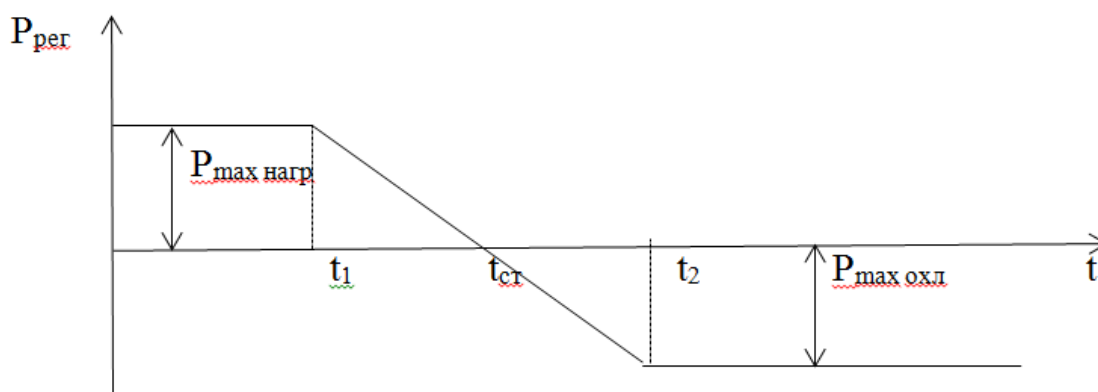


Figure 2.1 - Graph of heat supplied from the temperature control object

Based on the condition, ensuring high accuracy takes precedence over power consumption. So that, cooler or a heater is turned on to the work at full power to simplify the circuit and increase the sensitivity. This principle of operation is

selected to ensure the constancy of power consumed by the temperature control system, from a downhole power source [2].

Setting the start PWM switching signal can be performed by adjusting the amplitude of its amplitude. Prior to entering the mode to temperatures below the PWM signal switching temperature is a constant heat.

2.2 Power requirements. For STS Gyroscopic inclinometers power is necessary to use multiple voltages: +15 V and -15 V relative to common wire for power supply for the temperature control system; adjustable in the range 60 ... 80 V DC power supply for the heater; adjustable in the range + 3 ... + 10V DC voltage supply to the cooler. Accordingly, it is necessary to use a four regulated and stabilized power supply with a capacity of not less than 50 watts each.

2.3 Specific requirements for electronic components. An analysis of the operating conditions in the annex to the instructions, it was stated that the unit is designed for operation in closed heated room at an ambient temperature of +10 to + 40 ° C, humidity up to 80% at a temperature of +20 ° C, and a pressure of 100 ± 4 kPa in the absence of mechanical impact. Therefore, the use of a special element base or special methods for installation of radio components is not required.

2.4 System Requirements

It is necessary to develop a PWM modulator, which would ensure management of a heater and a cooler, and at the same temperature control system would be consumed by a downhole power supply continuous (uninterrupted) power.

To do this, must provide the possibility of changing the law regulation, to develop circuitry PWM modulator, select the keys to control the heater and cooler and offer these key management scheme on signals from the output of the PWM modulator.

Particular attention should be paid to the elimination of failures in the power take-off from a downhole power supply in order to avoid conducted interference in all electronic devices, powered by a downhole power supply.