

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

Школа ИШНКБ
Направление подготовки Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Контроль температуры при проведении климатических испытаний УДК_ 681.2:536.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б31	Басманова Кристина Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вавилова Г.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б.Б.	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения.

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию,	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	<u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н

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

Школа ИШНКБ
Направление подготовки Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Мойзес Б.Б.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Б31	Басманова Кристина Вячеславовна

Тема работы:

Контроль температуры при проведении климатических испытаний	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Исследование устройства контроля температуры при проведении климатических испытаний.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Анализ методов измерения температуры. 2. Обоснование метода для реализации в работе. 3. Анализ требований к устройству по измерению температур, уточнить требования ТЗ по количеству термодатчиков и диапазону измерения.
Перечень графического материала	-
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын В.В
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
--	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вавилова Г.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б31	Басманова Кристина Вячеславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 с, 9 рис, 14 табл., 25 источников.

Ключевые слова: устройство, температура, контроль температуры.

Объектом исследования является температура при климатических испытаний.

Цель работы: Исследование устройства контроля температуры при климатических испытаний. Для проведения испытаний важной частью является измерение температуры. Такое измерение выполняет УКТ, который проводит расчет значения температуры и разности температур.

В процессе исследования проводился анализ методов измерения температуры, обоснование метода для реализации в работе, расчет параметров и выбор элементов устройства.

Необходимость проведения климатических испытаний для оборудования вызвана для определения воздействия различных климатических факторов: воздействие высоких и низких температур, повышенной или пониженной влажности, пониженного или повышенного атмосферного давления. Проведение климатических испытаний различных изделий призвано обеспечить эффективную проверку сохранения их свойств и качеств при влиянии на них различных внешних климатических факторов, то есть степень влияния на изделие разнообразных условий окружающей среды.

Основные технико - эксплуатационные характеристики:

- Возможность подключения термосопротивлений и термопар;
- Ток опроса термодатчиков 1 мА;
- Амплитуда входного напряжения 0-10 В;
- Напряжение питания ± 28 В;
- Количество каналов измерения 30 шт;

В НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЕ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ССЫЛКИ НА СЛЕДУЮЩИЕ СТАНДАРТЫ:

1. ГОСТ 16962.1-89 «Методы испытаний на устойчивость к климатическим факторам»
2. ГОСТ 30679-99 «Термометры сопротивления платиновые эталонные 1-го и 2-го разрядов. Общие технические требования»
3. ГОСТ Р 54831-2011 «Системы контроля и управления доступом. Общие технические требования»
4. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
5. ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности»
6. ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация»
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
8. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>Введение</u>	10
<u>1.1 Описание объекта и лаборатории</u>	11
<u>1.2 Методы, применяемые для измерения температуры</u>	15
<u>1.3 Постановка задачи и проектирования</u>	30
<u>1.4 Обзор известных технических решений</u>	39
<u>1.5 Исследование структурной схемы</u>	44
<u>1.6 Расчет параметров и выбор элементов устройства</u>	47
<u>Выводы по главе</u>	53
<u>2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</u>	55
<u>2.1 Анализ конкурентных технических решений</u>	55
<u>2.2 Анализ рынка сбыта</u>	60
<u>2.3 Оценка конкурентной среды</u>	60
<u>2.4 Планирование комплекса работ</u>	60
<u>2.5 Расчет сметы затрат на разработку проекта</u>	62
<u>Выводы по главе</u>	73
<u>Социальная ответственность</u>	75
<u>3.1 Анализ факторов производственной опасности и вредности исследуемого объекта</u>	75
<u>3.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования</u>	78
<u>3.1.3 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований</u>	78
<u>3.1.4 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов</u>	79
<u>3.2 Экологическая безопасность</u>	82
<u>3.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду</u>	82
<u>3.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды</u>	83
<u>3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях</u>	84

<u>3.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....</u>	<u>84</u>
<u>3.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....</u>	<u>85</u>
<u>3.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....</u>	<u>85</u>
<u>3.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....</u>	<u>86</u>
<u>Заключение.....</u>	<u>92</u>
<u>Список используемых равна источников литературы.....</u>	<u>93</u>

Введение

Необходимость проведения климатических испытаний для оборудования вызвана определением воздействия различных климатических факторов: воздействие высоких и низких температур, повышенной или пониженной влажности, пониженного или повышенного атмосферного давления, дождя, тумана, пыли. Для проведения испытаний важность частью является измерение температуры. Такое измерение выполняет УКТ, который проводит расчет значения температуры и разности температур. Имеет защиту от повышенного напряжения по всем измерительным входам не менее ± 15 В как при поданном, так и при снятом напряжении питания.

Целью работы является исследование устройства контроля температуры для проведения климатических испытаний.

Задачи работы:

1 Рассмотреть методы измерения температуры, обосновать метод для реализации в работе.

2 Проанализировать требования к устройству по измерению температур, уточнить требования ТЗ по количеству термодатчиков и диапазону измерения.

3 Обосновать расширение функций УКТ в части измерения температуры с использованием термопар и применение УКТ для измерения напряжения в диапазоне 0 – 6 В.

4 Аргументировать структурную схему.

5 Собрать макет, провести отработку ПО по измерению сопротивления. Получить данные о подтверждении правильности выбранных схемотехнических решений. Рассчитать погрешность измерения сопротивления

6 Выбрать элементную базу и сформировать требования для проработки конструкции устройства.

Объект исследования: температура при климатических испытаний.

1.1 Описание объекта и лаборатории

Климатические испытания являются важным фактором испытания оборудования, данная важность определяется воздействием различных климатических факторов, таких как высокие и низкие температуры, повышенная или пониженная влажность, пониженное или повышенное атмосферного давление, дождь, туман, пыль. Все это необходимо для определения соответствия изделия климатическому классу. Так, климатические испытания являются частью общей группы испытаний, которым подвергаются машины, приборы и другие технические изделия, а также отдельные детали, узлы, материалы, покрытия (защитные и декоративные), которые используются в изделиях, с целью выяснения устойчивости к разрушающему воздействию природных факторов (окружающей среды).

Контроль температуры прибора во время термовакуумных испытаний усложняется технологическими особенностями изготовления кабелей для подключения термопар. Количество разъемов на крышке термобарокамеры ограничивает максимально возможное количество контролируемых термопар. Термопары, используемые в настоящее время, слишком хрупки и не предназначены для многократных подключений. Для решения данных проблем внутрь термобарокамеры помещается прецизионный многоканальный модуль контроля температуры при термовакуумных испытаниях изделия, а через разъем на крышке термобарокамеры обеспечивается передача измеренных данных по интерфейсу RS-232 управляющему компьютеру и питание модуля. Выбор элементной базы преобразователя обуславливается условиями эксплуатации при атмосферном давлении до $5 \cdot 10^{-6}$ Па и диапазоне температур от минус 50 до +50 °С.

Так для проведения испытаний на воздействие климатических внешних факторов в лаборатории имеются термовакуумные стенды, имитирующие

космические условия, термобарокамеры (до 8 м^3), климатические термокамеры, захлаживающие установки, термошкафы и термокамеры (до 24 м^3), дождевальная установка. Температура измеряется и в лаборатории и в термобарокамере. Наше исследование базируется преимущественно на устройстве контроля температуры.

В основу измерения сопротивления принят метод преобразования сопротивления в напряжение путем включения преобразуемого сопротивления в качестве нагрузки источника тока.

Из всех климатических факторов на электронные приборы в наибольшей степени влияют повышенная влажность в сочетании с повышенной температурой и высокая концентрация коррозионно-активных химических веществ в окружающей среде. Воздействие климатических дестабилизирующих факторов проявляется в нарушении внешнего вида изделия (коррозионные процессы), внутренней структуры комплектующих изделий (растрескивание кристалла микросхемы), потере герметичности корпусных деталей, механических повреждениях (из-за различного коэффициента линейного расширения), электрических дефектах (повреждение изоляции) [9].

Контроль температуры прибора во время термовакуумных испытаний усложняется технологическими особенностями изготовления кабелей для подключения термопар. Количество разъемов на крышке термобарокамеры ограничивает максимально возможное количество контролируемых термопар. Термопары, используемые в настоящее время, слишком хрупки и не предназначены для многократных подключений [11]. Для решения данных проблем внутрь термобарокамеры помещается, прецизионный многоканальный модуль контроля температуры при термовакуумных испытаниях изделия, а через разъем на крышке термобарокамеры обеспечивается передача измеренных данных по интерфейсу RS-232 управляющему компьютеру и питание модуля. Выбор элементной базы

преобразователя обуславливается условиями эксплуатации при атмосферном давлении до $5 \cdot 10^{-6}$ Па и диапазоне температур от минус 50 до +50 °С.

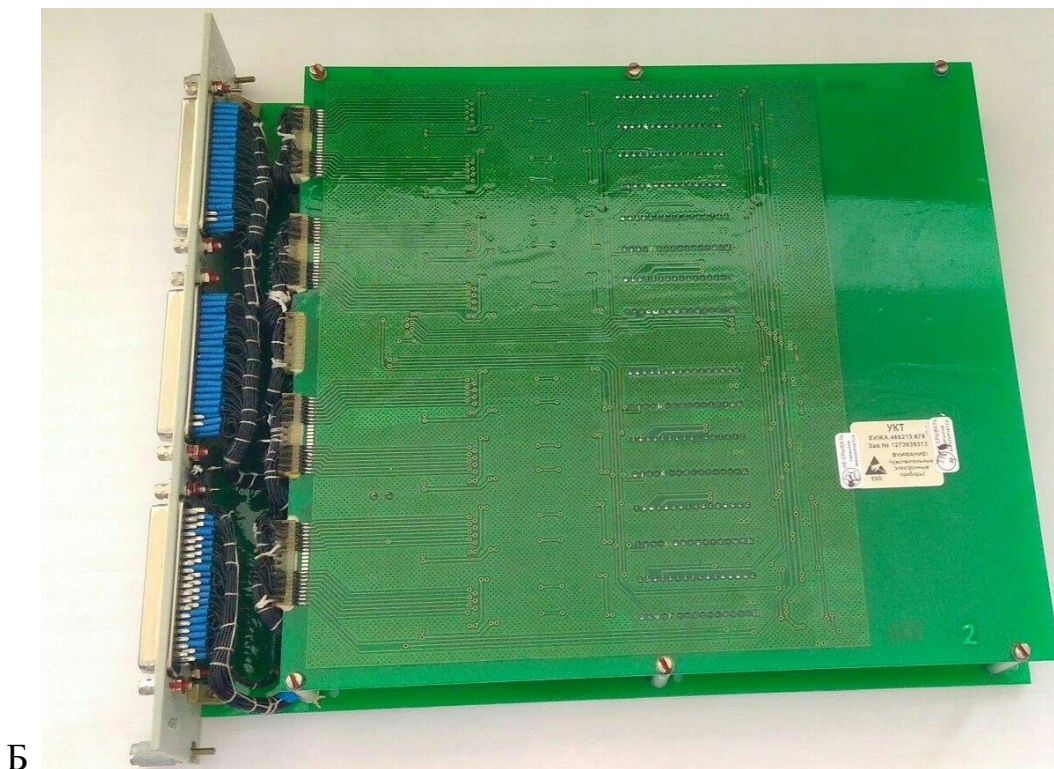


Рисунок 1.1 – пример устройства контроля температуры (А- вид сбоку, Б-вид сверху)

Контроль температуры является неотъемлемой частью для получения достоверных данных. Погрешность от температурных деформаций связана:

а) с деформацией из-за разности первоначальных температур, установочной меры и микрометра, с разными коэффициентами температурного расширения;

б) с деформацией микрометра, возникающей из-за нагрева его руками оператора. Погрешность от нагрева руками нельзя практически определить в

каждый конкретный момент времени, так как установить зависимость между температурой на поверхности микрометра и его деформациями не представляется возможно.

Воздействия повышенной и пониженной температуры являются одними из основных факторов, определяющих нестабильность и деградацию параметров любого изделия.

Температурные пределы аппаратуры определяются внешним климатическим воздействием, а также источниками тепла внутри изделия, поэтому в процессе проведения испытаний нужно учитывать действие всех возможных источников температуры.

В общем виде климатические испытания можно разделить на испытания на устойчивость и стойкость к воздействию факторов.

Испытания на устойчивость проводят для определения способности изделий выполнять свои функции, и сохранять параметры в пределах норм технической документации в процессе и после воздействия температуры.

Продолжительность испытания на теплоустойчивость определяется временем, необходимым для того, чтобы изделие достигло температурного равновесия, а также временем, требуемым для проверки параметров. Измерение параметров изделий производится после достижения теплового равновесия, изделие из камеры не извлекается.

А испытание на стойкость определяет способность изделия противостоять негативному действию климатического фактора и продолжать работать по окончании действия негативного фактора. После проведения испытаний проверяется внешний вид, механические свойства и измеряются электрические параметры аппаратуры.

Главное отличие испытаний по устойчивости и стойкости является длительность испытаний на стойкость, а также изделие при этом находится в нерабочем состоянии.

Существует несколько различных единиц измерения температуры.

Наиболее известными являются следующие:

1 Градус Цельсия - применяется в Международной системе единиц (СИ).

2 Градус Фаренгейта.

3 Градус Кельвина

Технический уровень спроектированного устройства превышает по данным качественным функционально-техническим характеристикам, что говорит о высоком техническом уровне проектируемого изделия. Устройство имеет высокую надежность – вероятность безотказной работы 0.99 за 10000 часов работы, большую помехозащищенность, малые габариты. Данные параметры позволят использовать его особенно в тех случаях, когда безотказная работа прибора имеет крайне важное значение.

1.2 Методы, применяемые для измерения температуры

Наибольшее распространения получили следующие методы для измерения температуры: метод, основанный на тепловом расширении жидкости, метод инфракрасного излучения, метод терморезистивный и термоэлектрический эффект [12].

Метод, основанный на тепловом расширении жидкости - применяют для измерения температуры доступных поверхностей.

Основной закон теплового расширения гласит, что тело с линейным размером L в соответствующем измерении при увеличении его температуры на ΔT расширяется на величину ΔL , равную:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

где α — так называемый *коэффициент линейного теплового расширения*. Аналогичные формулы имеются для расчета изменения площади и объема тела. В приведенном простейшем случае, когда коэффициент теплового расширения не зависит ни от температуры, ни от направления расширения, вещество будет равномерно расширяться по всем направлениям в строгом соответствии с вышеприведенной формулой [13].

Для инженеров тепловое расширение — жизненно важное явление. Проектируя стальной мост через реку в городе с континентальным климатом, нельзя не учитывать возможного перепада температур в пределах от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ в течение года. Такие перепады вызовут изменение общей длины моста вплоть до нескольких метров, и, чтобы мост не вздыбливался летом и не испытывал мощных нагрузок на разрыв зимой, проектировщики составляют мост из отдельных секций, соединяя их специальными *термическими буферными сочленениями*, которые представляют собой входящие в зацепление, но не соединенные жестко ряды зубьев, которые плотно смыкаются в жару и достаточно широко расходятся в стужу. На длинном мосту может насчитываться довольно много таких буферов [14].

Однако не все материалы, особенно это касается кристаллических твердых тел, расширяются равномерно по всем направлениям. И далеко не все материалы расширяются одинаково при разных температурах. Самый яркий пример последнего рода — вода. При охлаждении вода сначала сжимается, как и большинство веществ. Однако, начиная с $+4^{\circ}\text{C}$ и до точки замерзания 0°C вода начинает расширяться при охлаждении и сжиматься при нагревании (с точки зрения приведенной выше формулы можно сказать, что в интервале температур от 0°C до $+4^{\circ}\text{C}$ коэффициент теплового расширения воды α принимает отрицательное значение) [15]. Именно благодаря этому редкому эффекту земные моря и океаны не промерзают до дна даже в самые сильные морозы: вода холоднее $+4^{\circ}\text{C}$ становится менее плотной, чем более теплая, и всплывает к поверхности, вытесняя ко дну воду с температурой выше $+4^{\circ}\text{C}$.

Тепловое расширение твердых тел связано с ангармоничностью колебаний атомов. В жидком структурном состоянии кроме колебательных степеней свободы имеются и другие виды молекулярной подвижности, приводящие к непрерывному изменению структуры (например, в ближнем порядке) и образованию флуктуационного свободного объема. Поэтому тепловое расширение в жидком состоянии больше, чем в твердом, что

хорошо иллюстрируется на полимерах при их переходе из стеклообразного в высокоэластическое состояние.

Причиной теплового расширения твердого тела является энгармонизм колебаний атомов, вызванный асимметрией потенциального поля сил притяжения и отталкивания.

Под тепловым расширением твердых тел понимают изменение их линейных размеров при нагревании. Следует учитывать, что при обработке детали на станке в процессе снятия стружки выделяется большое количество теплоты, частично идущей на нагрев обрабатываемого предмета. Поэтому размеры обработанной детали, имеющей повышенную температуру, значительно отличаются от размеров остывшей детали [16].

Используют ртутные, спиртовые и толуоловые стеклянные термометры, погружаемые в специальные гильзы, герметически встроенные в крышки и кожухи оборудования. Ртутные термометры обладают более высокой точностью, но применять их в условиях действия электромагнитных полей не рекомендуется ввиду высокой погрешности, вносимой дополнительным нагревом ртути вихревыми токами [17].

При необходимости передачи измерительного сигнала на расстояние нескольких метров (например, от теплообменника в крышке трансформатора до уровня 2...3 м от земли) используют термометры манометрического типа, например термосигнализаторы ТСМ-10. Прибор состоит из термобаллона и поллой трубки, соединяющей баллон с пружиной показывающей части прибора. Прибор заполнен жидким метилом и его парами. При изменении измеряемой температуры изменяется давление паров хлористого метила, который передается стрелке прибора. Достоинство манометрических приборов заключается в их вибрационной устойчивости.



Рисунок 1.2- Термосигнализаторы ТСМ-160

Преимущества ртутного термометра:

- Очень высокая точность измерения температуры;
- Длительный срок эксплуатации (при условии, что с ним аккуратно обращаются, правильно хранят);
- Недостатки ртутного термометра:
- Долго ждать результат измерения – около 10 минут;
- Электронные (цифровые) термометры.

Преимущества электронного термометра:

Безопасность (отсутствует ртуть и стекло, его разбить не возможно, наличие мягкого гибкого наконечника);

Очень быстро дает результат измерения температуры – 30 – 60 секунд.

Если измерять в подмышечной впадине – 1,5 – 3 минуты;

Результат измерения показывается на цифровом дисплее;

Автоматическое отключение после его использования;

Наличие сменной шкалы Фаренгейт – Цельсий;

Разнообразие цветов и форм;

Сравнительно невысокая цена.

Недостатки электронного термометра:

Может давать небольшую погрешность – 0,1 – 0,2 градуса;

Метод инфракрасного излучения.

Инфракрасное излучение – это область электромагнитного излучения, располагающаяся в диапазоне между красной частью видимого спектра и микроволновым радиоизлучением. Поэтому оно и названо инфра (под) красным. Это излучение еще считается тепловым, поскольку кожей человека оно воспринимается в виде тепла. Оптическая система инфракрасного термометра поглощает энергию, излучаемую от круглого измеряемого пятна, и фокусирует её на детектор. На линзах используется материал с высоким коэффициентом пропускания. Энергия, поглощённая детектором, усиливается и конвертируется в электрический сигнал. Оптическое разрешение является результатом отношения расстояния к размеру пятна. Измеряемое пятно должно быть всегда меньше измеряемого объекта. Чем выше оптическое разрешение, тем меньшие измеряемые пятна могут измерены на дальних дистанциях [18].

При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений молекул или их отдельных фрагментов. При этом наблюдается ослабление интенсивности света, прошедшего через образец. Однако поглощение происходит не во всём спектре падающего излучения, а лишь при тех длинах волн, энергия которых соответствует энергиям возбуждения колебаний в изучаемых молекулах [19]. Следовательно, длины волн (или частоты), при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп и других фрагментов, что широко используется в различных областях химии для установления структуры соединений.

Экспериментальным результатом в ИК-спектроскопии является инфракрасный спектр — функция интенсивности пропущенного инфракрасного излучения от его частоты. Обычно инфракрасный спектр содержит ряд полос поглощения, по положению и относительной

интенсивности которых делается вывод о строении изучаемого образца. Такой подход стал возможен благодаря большому количеству накопленной экспериментальной информации: существуют специальные таблицы, связывающие частоты поглощения с наличием в образце определённых молекулярных фрагментов. Созданы также базы ИК-спектров некоторых классов соединений, которые позволяют автоматически сравнивать спектр неизвестного анализируемого вещества с уже известными и таким образом идентифицировать это вещество [20].

Инфракрасная спектроскопия является ценным аналитическим методом и служит для исследования строения органических молекул, неорганических и координационных, а также высокомолекулярных соединений. Основным прибором, используемым для подобных анализов, является инфракрасный спектрометр (дисперсионный или с преобразованием Фурье) [21].

Анализ сложных образцов стал возможен благодаря разработке новых техник инфракрасной спектроскопии: ИК-спектроскопии отражения, ИК-спектроскопии испускания и ИК-микроскопии. Кроме того инфракрасная спектроскопия была объединена с другими аналитическими методами: газовой хроматографией и термогравиметрией.

ИК-спектроскопия основана на явлении поглощения химическими веществами инфракрасного излучения с одновременным возбуждением колебаний молекул. Инфракрасное излучение представляет собой электромагнитную волну и характеризуется длиной волны λ , частотой ν и волновым, которые связаны следующей зависимостью:

$$\tilde{\nu} = \frac{\nu}{(c/n)} = \frac{1}{\lambda},$$

где c — скорость света,

а n — показатель преломления среды.

В спектроскопии поглощения, частным случаем которой является ИК-спектроскопия, происходит поглощение молекулами фотонов определённой

энергии, которая связана с частотой электромагнитной волны через постоянную Планка [22]:

$$E_p = h\nu.$$

При поглощении фотона происходит возбуждение — увеличение энергии молекулы: она переходит из основного колебательного состояния E_1 в некоторое возбуждённое колебательное состояние E_2 так, что энергетическая разница между этими уровнями равна энергии фотона [23]

$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu = hc\tilde{\nu}$$

Энергия поглощённого инфракрасного излучения расходуется на возбуждение колебательных переходов для веществ в конденсированном состоянии [24]. Для газов поглощение кванта ИК-излучения приводит к колебательным и вращательным переходам



Рисунок 1.3 - Инфракрасный спектрометр

Преимущества теплового контроля: возможность пассивного контроля при одностороннем доступе к изделию; возможность контроля практически любых материалов; возможность использования теплового контроля для прогнозирования качества узлов и систем в процессе производства, эксплуатации или хранения.

Достоинства метода инфракрасного излучения:

Основное достоинство методов заключается в низкой трудоемкости и отсутствии необходимости нагружения объекта диагностирования.

Недостатки метода инфракрасного излучения:

Недостатки жидких кристаллов: Контактный характер, Ограниченный диапазон чувствительности (5, 10°C), Необходимость предварительной подготовки поверхности, А также последующей очистки.

Недостаток тепловых методов при применении в нефтегазовой отрасли- существенное влияние и в ряде случаев необходимость учета свойств рабочих жидкостей.

Для диагностики применяется Термографическая съемка, анализируется, проводятся исследования и делаются выводы.

Метод терморезистивный – метод измерения температуры основан на изменении электрического сопротивления металлов или полупроводников при изменении температуры.

Измерение температуры с помощью терморезистора относится к контактными методам измерения температуры при тепловом неразрушающем контроле.

Терморезистивный метод , заключающийся в определении превышения температуры по разности сопротивления в нагретом и холодном состояниях.

Провода для измерения малых сопротивлений присоединяют так, чтобы их сопротивление и сопротивления точек их присоединения не влияли на величину измеряемого сопротивления [24].

Для мощных трансформаторов и синхронных компенсаторов применяют термометры с указателем манометрического типа. Общий вид (а) и схема включения (б) такого термометра показаны на рис. 1.1. В зависимости от температуры жидкость, заполняющая измерительный шуп прибора, воздействует через соединительную капиллярную трубку и систему рычагов на стрелку указателя.

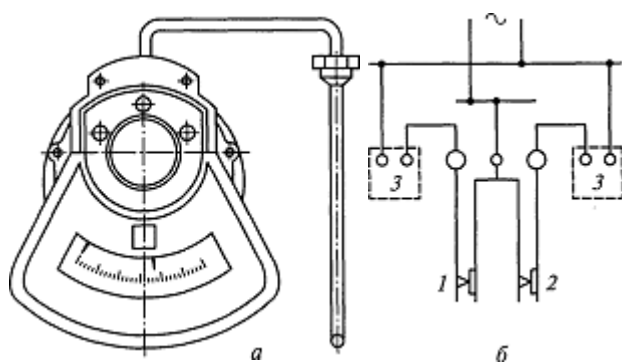


Рисунок 1.4 - Дистанционный электротермометр манометрического типа

В таком термометре стрелки указателя имеют контакты 1 и 2 для сигнализации температуры, заданной установкой. При замыкании контактов срабатывает соответствующее реле 3 в схеме сигнализации. Для измерения температуры в отдельных точках синхронных компенсаторов (в пазах для измерения стали, между стержнями обмоток для измерения температуры обмоток и других точках) устанавливаются терморезисторы. Сопротивление резисторов зависит от температуры нагрева в точках измерения [25].

Терморезистивный метод основан на изменении сопротивления терморезистора при нагревании измеряемой мощности. Изготавливают из платиновой или медной проволоки, их сопротивления калиброваны при определенных температурах. Сопротивление платиновых и медных основаны на свойстве платины или меди, по которым протекает электрический ток, изменять электрическое сопротивление при изменении контролируемой температуры. и (при температуре 0 °С для платины сопротивление равно 46 Ом, для меди — 53 Ом; при температуре 100 °С для платины — 64 Ом, для меди — 75,5 Ом соответственно).

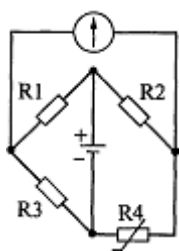


Рисунок 1.5 - Схема измерения температур с помощью терморезистора

Такой терморезистор R_4 включается в плечо моста, собранного из резисторов (рис. 1.5). В одну из диагоналей моста включается источник питания, в другую — измерительный прибор. Резисторы $R_1... R_4$ в плечах моста подбираются таким образом, что при номинальной температуре мост находится в равновесии и ток в цепи прибора отсутствует. При отклонении температуры в любую сторону от номинальной изменяется сопротивление терморезистора R_4 , нарушается баланс моста и стрелка прибора отклоняется, показывая температуру измеряемой точки. На этом же принципе основан переносной прибор (рис. 1.6). Перед измерением стрелка прибора должна находиться в нулевом положении.

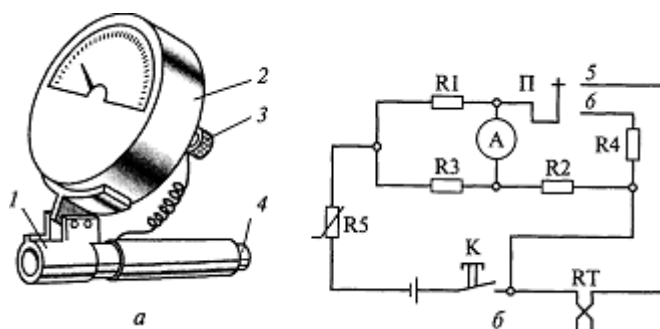


Рисунок 1.6 - Электротермометр (переносной) для контроля нагрева контактных соединений:

a — общий вид; b — схема; 1 — муфта для соединения с изолирующей штангой;

2 — микроамперметр; 3 — резистор с регулируемым сопротивлением (R_5); 4 — терморезистор (RT); 5 — контроль; 6 — измерение; Π — переключатель на два положения; K — кнопка для подачи напряжения на схему

Для этого кнопкой K подается питание, переключатель Π устанавливается в положение 5 и переменным резистором R_5 стрелку прибора устанавливают на нуль. Затем переключатель Π переводится в положение 6 (измерение).

Измерение температуры контактов производится прикосновением головки датчика к поверхности контакта и нажатием штанги на головку электротермометра (при нажатии замыкается кнопка К и питание подается в схему). Через 20... 30 с измеренное значение температуры контакта считывается со шкалы прибора.

Средством дистанционного измерения температуры обмотки и стали статора генераторов, синхронных компенсаторов, температуры охлаждающего воздуха, водорода являются термометры сопротивления, в которых также использована зависимость величины сопротивления проводника от температуры. Конструкции термометров сопротивления разнообразны. В большинстве случаев — это бифилярно намотанная на плоский изоляционный каркас тонкая медная проволока, имеющая входное сопротивление 53 Ом при температуре 0 °С.

В качестве измерительной части, работающей в совокупности с термометрами сопротивления, применяют автоматические электронные мосты и логомеры, снабженные температурной шкалой.

Достоинствами термометров сопротивления являются:

- высокая точность измерения температуры;
- возможность выпуска измерительных приборов к термометрам сопротивления на любой температурный интервал;
- возможность присоединения нескольких термометров сопротивления к одному измерительному прибору.

К недостаткам можно отнести потребность в постоянном источнике тока.

Термоэлектрический метод – Наиболее распространенное устройство для измерения температуры. Термоэлектрический метод генерирует напряжение при нагревании и возникающий ток позволяет проводить измерения температуры. Действие термопары основано на эффекте, который впервые был открыт и описан Томасом Зеебеком в 1822 г. Наиболее правильное определение этого эффекта следующее: Если гомогенный

материал, обладающий свободными зарядами, имеет разную температуру на измерительных контактах, то между контактами возникает разность потенциалов [25].

Для нас более привычно обычно приводимое в литературе несколько другое определение эффекта Зеебека – возникновении тока в замкнутой цепи из двух разнородных проводников при наличии градиента температур между саями. Второе определение, очевидно, следует из первого и дает объяснение принципу работы и устройству термопары. Однако, именно первое определение дает ключ к пониманию эффекта возникновения ТЭДС не в месте спая, а по всей длине термоэлектрода, что очень важно для понимания ограничений по точности, накладываемых самой природой термоэлектричества. Поскольку генерирование ТЭДС происходит по длине термоэлектрода, то показания термопары зависят от состояния термоэлектродов в зоне максимального температурного градиента. Поэтому поверку термопар следует проводить при той же глубине погружения в среду, что и на рабочем объекте. Учет термоэлектрической неоднородности особенно важен для рабочих термопар из неблагородных металлов [24].

Наиболее точные термопары – с термоэлектродами из благородных металлов: платинородий-платиновые ПП (тип S (Pt-10%Rh / Pt) (тип R (Pt-13%Rh / Pt), платинородий-платинородиевые ПР (тип В (Pt-30%Rh / Pt-6%Rh)). Преимуществом является значительно меньшая термоэлектрическая неоднородность, чем у термопар из неблагородных металлов, устойчивость к окислению, вследствие чего высокая стабильность. Преимуществом термопары типа ПР также является практически нулевой выходной сигнал при температурах вплоть до 50 °С, таким образом устраняется необходимость термостатирования холодных спаев. Недостатком является высокая стоимость и малая чувствительность (около 10 мкВ/К при 1000 °С). Хотя платинородиевые термопары превосходят по точности и стабильности термопары из неблагородных металлов и сплавов, минимальная расширенная неопределенность результата измерения температуры в диапазоне до 1100 °С

составляет 0,2-0,3 °С. Причины нестабильности термопар связаны с загрязнением, окислением и испарением материалов термоэлектродов. При температурах 500-900 °С формируется стабильный окисел родия. Недостаток родия изменяет состав платино-родиевого термоэлектрода, что приводит к изменению зависимости ЭДС от температуры и к возникновению термоэлектрических неоднородностей.

В последние годы за рубежом были разработаны и исследованы термопары из чистых металлов: золото-платиновые и платина-палладиевые. По результатам опубликованных исследований можно сделать вывод о их лучшей стабильности и точности по сравнению с платинородий-платиновыми термопарами (см. в разделе публикации «Термопары из чистых металлов»)

Термопары из благородных металлов очень широко используются во всех отраслях промышленности. Они дешевы и просты в обращении, устойчивы к вибрациям, могут выпускаться во взрывозащищенном исполнении. Особенно удобны в обращении кабельные термопары, электроды которых заключены в специальный герметичный гибкий кабель с минеральной изоляцией. Такая конструкция позволяет расположить термопару в самых сложных конструктивных узлах объекта. Преимуществом термопар также является высокая чувствительность. Существенным недостатком является образование термоэлектрической неоднородности в зоне максимального градиента температур, что может привести к ошибке в градуировке более 5 °С. Этот недостаток делает очень сомнительной саму возможность периодической поверки термопар в лабораторных условиях и диктует необходимость поверять термопары из благородных металлов на месте их рабочего монтажа. Наименьшая термоэлектрическая неоднородность характерна для термопары нихросил/нисил (тип N). Одной из существенных составляющих неопределенности измерений термопарами является учет температуры холодных спаев или точность компенсации спаев в цифровых преобразователях.

Для измерения высоких температур до 2500 °С используют вольфрам-рениевые термопары. Особенностью их использования является необходимость устранения окислительной атмосферы, разрушающей проволоку. Для вольфрам-рениевых термопар используют специальные герметичные конструкции чехлов, заполненные инертным газом, а также танталовые и молибденовые чехлы с неорганической изоляцией из оксида бериллия и оксида магния. Одно из важных применений вольфрам-рениевых термопар состоит в измерении температур в ядерной энергетике в присутствии потока нейтронов.

Особенностью работы с термопарами является применение стандартных удлинительных и компенсационных проводов. Провода позволяют передавать сигнал с термопары на сотни метров к измерительному прибору, внося минимальную потерю точности. Удлинительные провода изготавливаются из того же материала, что и термоэлектроды термопары, но с более низкими требованиями по качеству материалов. Компенсационные провода изготавливаются из совершенно других материалов, чем термоэлектроды и применяются для термопар из благородных металлов. Так, для термопары ПР в качестве компенсационной может использоваться медная проволока. Применение компенсационных проводов может стать доминирующим источником неопределенности измерения температуры в промышленности, если разность температур двух концов провода существенна. Так, например, если для термопары типа S используется компенсационный провод, температура которого изменяется от 23 °С (головка термопары) до 0 °С (лед), то возникает дополнительная ЭДС около 15 мкВ, что приведет к ошибке в измерении 1,4 °С для температуры 900 °С.

Достоинствами термометров сопротивления являются:

- высокая точность измерения температуры;
- возможность выпуска измерительных приборов к термометрам сопротивления на любой температурный интервал;

– возможность присоединения нескольких термометров сопротивления к одному измерительному прибору.

Главные преимущества термопар:

- широкий диапазон рабочих температур, это самый высокотемпературный из контактных датчиков.
- спай термопары может быть непосредственно заземлен или приведен в прямой контакт с измеряемым объектом.
- простота изготовления, невысокая стоимость, надежность и прочность конструкции.

Недостатки термопар:

- необходимость контроля температуры холодных спаев. В современных конструкциях измерителей на основе термопар используется измерение температуры блока холодных спаев с помощью встроенного термистора или полупроводникового сенсора и автоматическое введение поправки к измеренной ТЭДС.
- возникновение термоэлектрической неоднородности в проводниках и, как следствие, изменение градуировочной характеристики из-за изменения состава сплава в результате коррозии и других химических процессов.
- материал электродов не является химически инертным и, при недостаточной герметичности корпуса термопары, может подвергаться влиянию агрессивных сред, атмосферы и т.д.
- на большой длине термопарных и удлинительных проводов может возникать эффект «антенны» для существующих электромагнитных полей.
- зависимость ТЭДС от температуры существенно не линейна. Это создает трудности при разработке вторичных преобразователей сигнала.
- когда жесткие требования выдвигаются к времени термической инерции термопары, и необходимо заземлять рабочий спай, следует

обеспечить электрическую изоляцию преобразователя сигнала для устранения опасности возникновения утечек через землю.

Наиболее подходящий метод для УКТ: Терморезистивный метод. Данный метод выбран из-за высокой точности измерения, высокой стабильности, большим диапазоном измерения температур и близостью характеристики к линейной зависимости. Этим он и отличится от остальных методов. Также терморезистивный метод является наиболее распространенным и хорошо апробированным на практике. Принцип терморезистивного преобразования основан на температурной зависимости активного сопротивления металлов, сплавов и полупроводников, обладающих высокой воспроизводимостью и достаточной стабильностью по отношению к разнообразным дестабилизирующим факторам

1.3 Постановка задачи проектирования

В рамках данной работы не ставится целью разработки устройства, мы проводим исследование на существующем устройстве. Главной задачей ставится проведение исследования.

Назначение и область применения системы (устройства) для контроля температуры составных частей изделия при проведении термовакуумных испытаний.

Технические параметры:

- Возможность подключения термосопротивлений и термопар;
- Ток опроса термодатчиков 1 мА;
- Амплитуда входного напряжения 0-10 В;
- Напряжение питания ± 28 В;
- Количество каналов измерения 30 шт;

Условия эксплуатации: оборудование должно безотказно работать, сохранять технические характеристики при атмосферном давлении $5 \cdot 10^{-6}$ и

воздействии температуры окружающего воздуха длительно (без ограничения времени) от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Дополнительны условия: разрешено применение комплектации и материалов только отечественного производства категории качества ВП, входящих в перечень МОП для изделий данного вида техники.

Целью работы является исследование устройства контроля температуры (далее УКТ) для проведения климатических испытаний.

Задачей УКТ является измерение температуры.

Для этого необходимо: провести обзор методов контроля температуры требуемого диапазона от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$; выбор метода для устройства; исследование структурной схемы; расчет параметров и выбор элементов устройства; анализ факторов производственной опасности и вредности исследуемого объекта, требований безопасности, исследование комплекса защитных мероприятий, инструкции по охране труда для лаборатории; технико-экономическое обоснование, планирование комплекса работ и расчет сметы затрат на разработку проекта.

УКТ применяется в составе других блоков, которые устанавливаются в контрольно-проверочную аппаратуру (КПА).

Технические характеристики УКТ на всех этапах его эксплуатации обеспечиваются при строгом выполнении требований настоящего РЭ.

К работе с УКТ должен допускаться персонал, изучивший указанную документацию и имеющий допуск к работам с электрооборудованием с напряжением до 1000 В.

УКТ применяется в качестве законченного функционального узла в составе блоков, устанавливаемых в КПА, для испытаний системы ориентации, стабилизации и электропитания космических аппаратов далее "система".

УКТ представляет собой законченный функциональный узел. Автоматически включается при подаче напряжения питания (28 ± 3) В и отключается при его снятии. Ток потребления УКТ по шине питания не

превышает 0,2 А. Входная цепь напряжения питания 28 В гальванически развязана от измерительных цепей и цепей последовательного интерфейса [1]. Токвая защита входной цепи напряжения питания реализована установкой предохранителя с номинальным током 0,5 А.

Приведем перечень приборов и оборудования, применяющихся при настройке и проверке УКТ, приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень приборов и оборудования, применяющихся при настройке и проверке УКТ

Наименование	Тип прибора	Измеряемое значение	Допустимое отклонение измеряемого значения	Обозначение на схеме и по тексту
Мультиметр	APPA 73	0 – 5 Ом 0 – 25 В	± 2 %	P1
Вольтамперметр	M2044 (M2015)	0 – 2 А		PA1
Магазин сопротивлений	P4831	0 – 1000 Ом		PR1
Миллиомметр	E6-18/1	500 – 100000 мкОм		PR2
Мультиметр	Agilent 3458A	0 – 25 В		PV1
Мультиметр	Agilent 34401A	0 – 20 МОм		PV2
Осциллограф запоминающий	DSO1024A	До 24 МГц, 6 В	± 10 % ± 10 %	PS1
Частотомер электронно-счетный вычислительный	ЧЗ-64	$8 \cdot 10^6$ Гц	$\pm 10^{-5}$	ЧЗ-64
Источник питания	Б5-71/1м	30 В, 1 А	–	G1
Прибор для проверки вольтметров цифровой	В1-13	0 - 10 В		G2
Вибростенд	–	–	–	–

УКТ измеряет:

- сопротивление ТС в диапазоне от 75 до 150 Ом с пределами допускаемой основной относительной погрешности измерений $\pm 0,1$ %;
- напряжение постоянного тока положительной полярности в диапазоне от 0 до 10 мВ с пределами допускаемой основной приведенной погрешности измерений ± 2 %;
- напряжения постоянного тока положительной полярности в диапазоне от 0 до 10 В с пределами допускаемой основной приведенной погрешности измерений $\pm 0,25$ %.

Максимальные напряжения на выходах УКТ, задающих токи опроса термодатчиков не более 6 В. Количество измерительных каналов УКТ – 28.

Время опроса входной цепи:

- ТС – не более 1 с;
- напряжения постоянного тока – не более 0,5 с.

УКТ осуществляет обмен по гальванически развязанному интерфейсу RS-485. Параметры интерфейса обеспечиваются параметрами примененной микросборки 2601ИН1П АЕЯР со следующими уточнениями:

- скорость обмена 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с (выбирается программно);
- выход имеет защиту от короткого замыкания в нагрузке за счет установки токоограничивающих резисторов сопротивлением (22 ± 3) Ом по линиям А и В;
- цепи интерфейса гальванически развязаны от измерительных цепей и цепей питания.

УКТ выполняет расчет значения температуры и разности температур. Имеет защиту от повышенного напряжения по всем измерительным входам не менее ± 15 В как при поданном, так и при снятом напряжении питания [2].
Время готовности УКТ после включения не более 5 мин.

Соответствует следующим требованиям к надежности:

- средний срок службы не менее 12 лет;

- средний ресурс не менее 25 000 ч;
- средний срок сохраняемости в отапливаемом помещении не менее 3 лет.

В УКТ предусмотрены цепи контроля стыковки при использовании его в составе КПА. Конструктивно данное устройство выполнено в виде модуля из двух печатных плат. Габаритные размеры УКТ не превышают 302×267×45 мм. Оно имеет электрическое сопротивление изоляции:

- не менее 20 МОм в нормальных климатических условиях;
- не менее 5 МОм при повышенной температуре;
- не менее 2 МОм при относительной влажности воздуха 98 % и температуре окружающей среды 25 °С.

УКТ представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих измерение сопротивления ТС, измерение напряжения постоянного тока.

В основу измерения сопротивления ТС принят метод преобразования сопротивления в напряжение путем включения преобразуемого сопротивления в качестве нагрузки источника тока.

При неизменном токе падение напряжения на ТС пропорционально его сопротивлению. По падению напряжения на ТС, измеренному с помощью АЦП, и известному значению тока, равному 1 мА, определяется сопротивление ТС [3].

Оцифрованные значения сопротивлений ТС по сети RS-485 из УКТ передаются во внешнее вычислительное устройство (ПК), которое по характеристикам ТС в соответствии с ГОСТ 6651-2009 рассчитывает температуру, а также разность температур.

Постоянное напряжение в диапазоне от 0 до 10 мВ поступает непосредственно на вход $\pm AIN1$ АЦП, а в диапазоне от 0 до 10 В через масштабный преобразователь – на вход $\pm AIN2$ АЦП.

В состав УКТ входят:

ВИП – вторичный источник питания;
АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
МК – микроконтроллер;
ИОН – источник опорного напряжения;
ИТ – источник тока;
К1 – К3 – многоканальные аналоговые коммутаторы;
К4 - ключ;
МП – масштабный преобразователь;
ПП - приемопередатчик;
R₀₁, R₀₂ – опорные резисторы;
RT – термометр сопротивления.

АЦП предназначен для преобразования входных сигналов по входам AIN1, AIN2 в цифровой код. ВИП предназначен для преобразования входного напряжения (28 ± 3) В в напряжения питания 5 и ± 15 В для питания функциональных узлов УКТ. МК осуществляет управление коммутаторами К1 – К3, АЦП, ключом К4, приема и выполнения внешних команд обмена данными. ИОН обеспечивает стабильное во времени напряжение постоянного тока, необходимое для формирования тока опроса ТС и для калибровки канала AIN2 АЦП в режиме измерения напряжения в диапазоне 10 В. ИТ формирует стабильный во времени ток опроса ТС значением 1 мА. Коммутатор К1 обеспечивает поочередное подключение ТС к источнику тока опроса ИТ. Коммутаторы К2, К3 обеспечивают последовательное подключение измерительных цепей к входам AIN1, AIN2 АЦП. МП с коэффициентом передачи $K=0,4878$, предназначен для обеспечения необходимого уровня входного сигнала по входу AIN2 АЦП при измерении напряжения в диапазоне от 0 до 10 В и защиты его входа от обратной полярности. Ключ К4 обеспечивает подключение встроенного в УКТ термометра сопротивления RT к выходу источника тока ИТ. Приемопередатчик ПП обеспечивает обмен информации по интерфейсу RS-

485 с персональным компьютером. Опорные резисторы R_{01} , R_{02} предназначены для калибровки шкалы измерения сопротивления ТС и шкалы измерения напряжения в диапазоне 0 – 10 мВ, соответственно. Образцовое напряжение U_0 , равное 10 В используется для калибровки по входу измерения напряжения в диапазоне 0 – 10 В [4]. Для калибровки смещения нуля используется короткозамкнутый вход канала 30. Термометр сопротивления RT предназначен для измерения температуры окружающей среды УКТ.

После подачи питающего напряжения питания 28 В на УКТ выполняется калибровка АЦП в автоматическом режиме, которая периодически повторяется в процессе работы УКТ. По окончании калибровки начинается автоматический цикл измерений параметров.

ТС подключается к УКТ по четырехпроводной схеме к контактам $\pm I_i$, $\pm U_i$, при этом коммутатор К1 последовательно подключает ТС к выходу источника тока ИТ. Ток опроса I_0 , протекая через ТС, создает падение напряжения $\pm U_i$, которое через коммутаторы К2, К3 поступает на вход АIN1 АЦП. Ток опроса I_0 одновременно пропускается через термометр сопротивления RT, создавая на нем падение напряжения, которое по 32 каналу проходит через коммутаторы К2, К3 поступает также на вход АIN1 АЦП. Для измерений напряжений в диапазоне 0 – 10 В используются входы "+U₁", "-U₂"..."+U₂₈", "-U₂₈". Если напряжения находятся в диапазоне от 0 до 10 мВ, то через коммутаторы К2 и К3 поступают на вход АIN1 АЦП, а напряжения в диапазоне от 0 до 10 В – через коммутаторы К2, К3 и масштабный преобразователь МП на вход АIN2 АЦП.

Каждый из 28 входов может быть использован в любом из указанных режимов. Режим задается пользователем в соответствии с ПИО.

АЦП выполняет преобразование, поступающих на его выходы аналоговых сигналов в цифровой код и передает его в МК.

АЦП, коммутаторы и ключ К1 управляются МК, который через ПП по последовательному интерфейсу RS-485 подключен к ПК.

Для поверки УКТ используются следующие средства измерений:

– цифровой мультиметр Keithley 2002 (PV1) для измерения напряжений от 0,001 до 10 В с погрешностью не более $\pm 0,05$ %;

– цифровой прибор для поверки вольтметров В1-13 (GB1) для задания напряжения на вход УКТ в диапазоне от 0,001 до 10 В с погрешностью $\pm 5 \cdot 10^{-5} \cdot U_K + 40$ мкВ,

где U_K – напряжение, установленное на выходе прибора.

– Магазин сопротивлений P4831, класс точности 0,02 (PR1).

При поверки УКТ применяют средства, указанные в таблице 2

Таблица 2 – Средства для проверки УКТ

Наименование средств измерения	Нормативные технические характеристики	Рекомендуемый тип прибора
Магазин сопротивлений	Класс точности не более 0,02	P4831 (PR1)
Прибор для поверки вольтметров цифровой	Погрешность установки $\pm 5 \cdot 10^{-5} \cdot U_K + 40$ мкВ, где U_K – напряжение, установленное на выходе прибора. Диапазон установки 0,001-10 В	В1-13 (GB1)
Цифровой мультиметр	Погрешность измерений $\pm 0,05$ %	Keithley (PV1)

На экспериментально-стендовом оборудовании проводятся следующие квалификационные испытания:

- хладоустойчивость (до -60°C);
- теплостойкость (до $+120^{\circ}\text{C}$);
- влагостойкость (10-98% при $+10...+50^{\circ}\text{C}$);
- воздействие агрессивной среды, содержащей коррозионно-активные

примеси

(сернистый газ, хлориды, окислы азота);

- ускоренное старение (до $+300^{\circ}\text{C}$, продолжительность до $2 \cdot 10^4$ часов);
- дегазация ($20...10^{-4}$ мм рт.ст.).

Исходя из условий эксплуатации и диапазона контролируемых температур, предпочтение было отдано платиновым термометрам сопротивления. Основными их преимуществами являются высокая точность измерения, высокая стабильность, большой диапазон измерения температур и близость характеристики к линейной зависимости.

К типичным климатическим испытаниям относят испытания на теплоустойчивость, влагоустойчивость и холодоустойчивость. Наиболее обширной и разнообразной областью испытаний являются так называемые специальные испытания. К этой группе относят испытания на воздействие повышенного атмосферного давления, на высотность, на воздействие соляного (морского) тумана, на грибоустойчивость, на воздействие пыли, на устойчивость к воздействию инея и росы. Однако такая классификация условна, так как некоторые испытания, отнесенные к специальным, могут быть включены в климатические [5].

Нормы испытательных режимов (температура, относительная влажность, давление и т.п.) и продолжительность их воздействия определяются нормативными документами (НД). Для изделий может быть указано несколько значений (степеней жесткости) одного и того же воздействующего климатического фактора [6]. Так, для верхнего значения температуры воздуха при эксплуатации изделия ГОСТ 16962-71 устанавливает 15 степеней жесткости, а для нижнего 9. Например, для степени жесткости I максимально допустимое значение температуры $+40^{\circ}\text{C}$, минимально допустимое $+1^{\circ}\text{C}$, для степени жесткости XV максимальное значение температуры равно $+500^{\circ}\text{C}$.

Большое значение для получения правильных данных имеет последовательность различных видов испытаний. Климатические испытания проводят, как правило, после механических испытаний. Это объясняется тем, что после механических испытаний может произойти увеличение числа капилляров в изоляции, появление трещин и зазоров. Воздействие же климатических факторов усугубляет эти явления.

Температурой называется статическая величина, характеризующую тепловое состояние тела [7]. Согласно кинетической теории температуру определяют как меру кинетической энергии поступательного движения молекул. Отсюда температурой называют условную статическую величину, прямо пропорциональную средней кинетической энергии молекул тела. За единицу температуры принимается градус, равный 1/100 диапазона температур от точки таяния льда до точки кипения воды [8].

Основные технические требования описаны в ТЗ на разработку этого прибора. Настоящие технические условия (ТУ) распространяются на устройство контроля температуры, предназначенное для измерения сопротивления термодатчиков, расчета значения температуры и разницы температур, а также измерения напряжения постоянного тока. Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) содержит сведения о назначении, технических характеристиках и принцип работы устройства контроля температуры, именуемого в дальнейшем УКТ, и является руководством для обслуживающего персонала при его проверках, эксплуатации, хранении и транспортировании.

УКТ в составе автоматизированного метрологического комплекса предназначено для измерения сопротивления термообразователей сопротивления и измерения постоянного напряжения от 0 до 10 В положительной полярности.

1.4 Обзор известных технических решений

В ТЗ задано требование по погрешности измерения сопротивления датчиков температуры. Остальные требования, в том числе их количество и диапазон измеряемых сопротивлений, определяется на этапе эскизного проекта.

Была обоснована целесообразность расширения функциональных возможностей УКТ с целью измерения температуры с использованием термопар и напряжений, гальванически связанных между собой. В процессе

исследования ЭП необходимо определить количество контролируемых датчиков и диапазон сопротивлений датчиков. Для решения этой задачи была проведена работа по изучению различных методик термовакуумных испытаний КАС, СПУ и других комплексов, где возникает необходимость контроля теплового поля. В результате было выявлено, что для определения теплового поля количество датчиков температуры варьируется от 5 до 30, диапазон контролируемой температуры от минус 20 до 60 °С.

Для такого диапазона температуры наиболее подходящим из перечисленных ТС является медный термометр типа ТМ 293-05, средний температурный коэффициент которого равен 0,4%/°С.

Для определения диапазона измеряемых сопротивлений необходимо выбрать номинальное сопротивление датчика температуры. Широкое применение в БА получили датчики с номинальным сопротивлением равным 100 Ом при температуре 0 °С.

Определим диапазон измеряемых сопротивлений при условии, что температура изменяется от минус 60 °С до плюс 125 °С. Тогда сопротивление будет изменяться от 76 до 150 Ом. Для УКТ примем диапазон изменения сопротивления от 75 до 150 Ом.

Рассмотрим выполнение требования ТЗ по погрешности измерения датчика температуры.

Принцип измерения температуры с помощью термометра сопротивления ТС основан на линейной зависимости сопротивления ТС от температуры. Эта зависимость описывается выражением:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot t),$$

где R_0 – начальное сопротивление ТС, заданное при температуре 0 °С, Ом;

α – температурный коэффициент сопротивления ТС, 1/°С;

t – измеряемая температура, °С .

При пропускании тока на ТС появляется напряжение, прямо пропорциональное его сопротивлению, а значит и температуре, которую он контролирует. Следовательно, температура ($^{\circ}\text{C}$), измеряемая ТС, определяется выражением:

$$t = \frac{U_x - U_o}{R_o \cdot i_o \cdot \alpha},$$

где U_x текущее значение напряжения на ТС, пропорциональное температуре, В;

$U_o = R_o \cdot i_o$ постоянное значение напряжения, определяемое током i_o , В;

i_o – стабилизированный ток, А;

Таким образом, измеритель температуры можно выполнить, включив ТС в качестве нагрузки источника тока. Точность контроля температуры при этом будет определяться стабильностью тока и точностью измерителя напряжения.

Практикуются две основные схемы включения ТС - трёхпроводная и четырёхпроводная. При трёхпроводной схеме включения появляется дополнительная погрешность, вызванная разницей сопротивления подводящих проводов при значительной их длине. Четырёхпроводная схема лишена этого недостатка, поэтому является предпочтительней.

На рисунке 1.7 представлены два варианта исполнения многоканального измерителя температуры, где в качестве измерителя напряжения используется АЦП, а ТС включены по четырёхпроводной схеме.

Вариант а) - это измеритель температуры, в котором через термометры сопротивления, соединенные последовательно, постоянно протекает стабилизированный ток. Падение напряжения на каждом ТС поочередно поступает на дифференциальный вход АЦП. Недостатком этой схемы является наличие синфазной составляющей входного напряжения АЦП, которая вносит дополнительную погрешность измерения. Кроме того, при обрыве цепи теряется информация обо всех датчиках температуры.

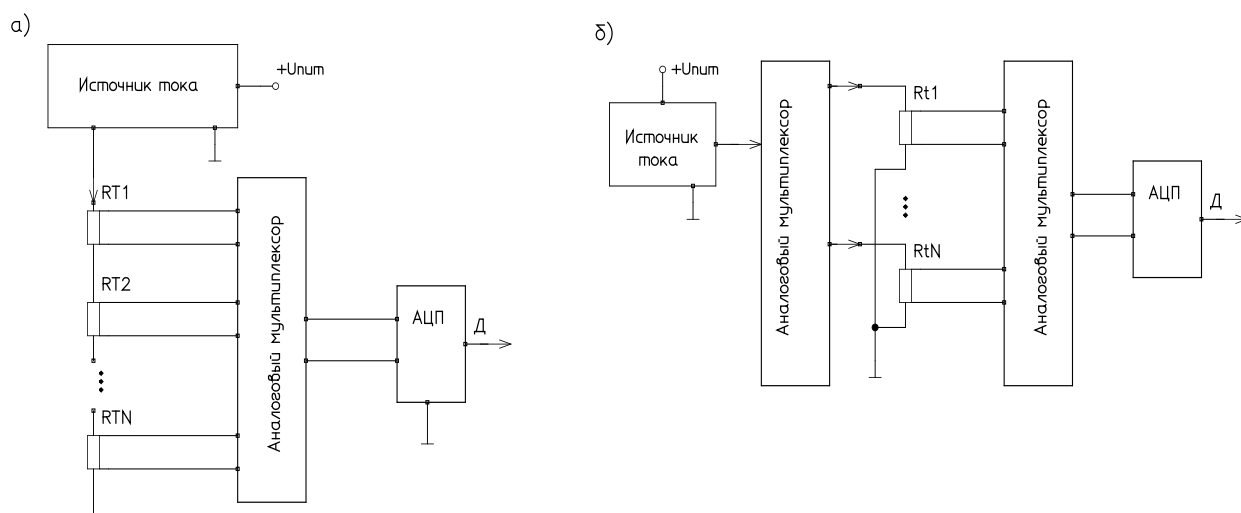


Рисунок 1.7- Структурные схемы многоканального измерителя температуры.

Исключить эти недостатки можно введением дополнительного мультиплексора, который подключает термометры к источнику тока поочередно.

Проведение исследований

Цель испытаний – определение допустимого диапазона измерения сопротивления ТС и определение погрешности измеренного значения напряжения на ТС относительно расчетного значения. Нагрузкой источника тока вместо ТС служил магазин сопротивлений типа Р4831 класса 0,02. Напряжение на магазине сопротивлений, при пропускании через него стабилизированного тока источника, равного 1 мА, измерялось вольтметром В7-78/1 с погрешностью 0,01 %.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Результаты испытаний

Наименование параметра		Значения параметра					
Сопротивление магазина, Ом		5	20	100	400	1000	5000
Напряжение на магазине (расчетное), мВ		5,00	20,00	100,00	400,0	1000,0	5000,0
Напряжение на	-10°C	4,998	19,997	99,985	399,90	999,58	4998,0

магазине (измеренное), мВ	20°C	5,000	20,001	100,001	400,001	1000,05	5000,5
	40°C	5,002	20,005	100,038	400,25	1000,40	5002,6
Погрешность, %	-10°C	0,040	0,015	0,025	0,05	0,042	0,04
	20°C	0	0,005	0,001	0,0003	0,005	0,001
	40°C	0,040	0,025	0,038	0,037	0,04	0,051

Испытания показали, что погрешность источника тока не превышает 0,051 %.

Эта погрешность является основной составляющей погрешности измерения напряжения ТС. К этой погрешности добавляется погрешность измерительного устройства (нелинейность АЦП и погрешность за счет единицы младшего разряда). В качестве АЦП применяется ИМС 1273ПР8Р, имеющая нелинейность 0,005 %.

Возможен другой вариант измерения сопротивления термодатчика. Он основан на сравнении сопротивления термодатчика с образцовым терморезистором. В этом варианте последовательно одним АЦП измеряются падение напряжения на образцовом резисторе и термодатчике.

Напряжение на образцовом резисторе равно $U_0 = I_0 R_0$. Напряжение на термодатчике равно $U_R = I_0 R_t$. Из этих двух равенств определяем R_t :

$$R_t = R_0 U_R / U_0$$

Следовательно, погрешность измерения определяется стабильностью резистора R_0 и погрешностью измерения U_R , U_0 . Так как при измерении используется один и тот же источник опорного напряжения, нелинейность АЦП 1273ПВ8Р равно 0,005 %, то погрешность будет определяться разрешающей способностью АЦП. Она равна 24 двоичным разрядам, что на несколько порядков превышает требуемую погрешность за счет единицы младшего разряда. При вычислениях в 16-ти разрядном коде погрешность составит менее 0,002 % и ею можно пренебречь.

Прецизионный источник тока не требуется. Достаточно иметь высокую стабильность системы на время измерения всех сопротивлений. При использовании ИМС 1273ПВ8Р с фильтром, настроенным на подавление 50 Гц, время одного измерения составит 0,12 с. Время измерения 30 термодатчиков и одного образцового резистора составит 3,72 с. За это время изменением температуры УКТ можно пренебречь и считать ток стабильным.

В этой схеме измерения сопротивления термодатчика основной погрешностью будет нестабильность образцового резистора. Из технических условий на резисторы R2-67 погрешности их за счёт наработки 1000 ч и изменение температуры в диапазоне 5 – 35 °С составляют $\pm 0,01$ и $\pm 0,008$ % соответственно.

Погрешность измерения сопротивления термодатчика равна суммарной погрешности образцового резистора и составляет 0,018 % за время 1000 ч.

Следовательно, требуемая по ТЗ погрешность измерения сопротивления термодатчика (0,1 %) выполняется.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Б31	Басманова Кристина Вячеславовна

Тема: Разработка аналоговой части цифрового прибора на базе Ц4353

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	бакалавр	Направление / специальность	приборостроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Проведение предпроектного анализа: оценка потенциальных потребителей, проведение SWOT-анализа, анализ конкурентных технических решений, инициация проекта
<i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение целей и результатов, организация структуры проекта
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<i>Матрица SWOT</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Б31	Басманова Кристина Вячеславовна		

2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Анализ конкурентных технических решений

Аналог исследуемого аппарата: устройство контроля температуры (УКТ) УКТ38 Щ4.

Устройство контроля температуры восьмиканальное с аварийной сигнализацией. В УКТ38Щ4 установлены 2 выходных э/м реле, которые срабатывают при возникновении аварийной ситуации в любом из каналов контроля.

Реле 1 «Авария объекта» срабатывает при выходе любого из контролируемых параметров за заданные границы.

Реле 2 «Авария датчика» срабатывает:

-для термопреобразователей сопротивления — при обрыве или коротком замыкании датчика;

-для термопар — при обрыве.

УКТ38Щ4 имеет 4 типа сигнализации «Авария объекта»:

-о снижении контролируемого параметра ниже заданной границы («прямой гистерезис»);

-о превышении контролируемым параметром заданной границы («обратный гистерезис»);

-о входе контролируемого параметра в заданные границы (П-образная логика);

-о выходе контролируемого параметра за заданные границы (U-образная логика).

Для каждого из 8ми каналов контроля может быть задан свой тип сигнализации и своя уставка.

Контроль температуры или другой физической величины (давления, влажности, уровня и т. п.) в нескольких зонах одновременно (до 8ми)

Исследуемый аппарат – наш спроектированный аппарат.

Перспективный аппарат - наш спроектированный аппарат. Технический уровень нашего спроектированного устройства превышает по

данным качественным функционально-техническим характеристикам, что говорит о высоком техническом уровне проектируемого изделия. Наше устройство имеет высокую надежность – вероятность безотказной работы 0.99 за 10000 часов работы, большую помехозащищенность, малые габариты. Данные параметры позволят использовать его особенно в тех случаях, когда безотказная работа прибора имеет крайне важное значение.

Технико-экономическое обоснование целесообразности разрабатываемых решений базируется на краткой характеристике существующего уровня развития техники и технологии и основных направлений совершенствования их показателей; а также характеристике решаемых проблем и полученных результатов. Это позволяет дать обоснованную оценку технической прогрессивности разрабатываемого изделия. При этом необходимо, чтобы техника была экономически эффективна и имела высокое качество. Качество же зависит от функционально-технических характеристик и оценивается индексом технического уровня разрабатываемой техники [10].

Анализ конкурентных технических решений в данном случае стоит проводить не между похожими устройствами разных производителей, а между репликой и оригиналом. Изначальной задачей при разработке проекта модификации было получить частичный функциональный аналог существующего УКТ с минимальными затратами и высокой ремонтпригодностью. Изначальный вариант не обладает высокой ремонтпригодностью в связи с применением механической измерительной головки, починить которую даже в заводских условиях проблематично.

Также в будущем возможно расширение функциональных возможностей за счет применения модульной структуры с наличием нескольких печатных плат и последующей модернизацией (новые пределы измерения, частотомер, контрольное устройство, термометр и т.д.).

Анализ данного технического решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной

эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Бп – баллы прототипа;

Бо – баллы оригинала;

Кп – конкурентоспособность прототипа;

Ко - конкурентоспособность оригинала.

Таблица 3.0 - Оценочная карта сравнения разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бп	Бо	Кп	Ко
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	85	55	8,5	5,5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	90	60	9	6
3. Помехоустойчивость	0,02	65	80	1,3	1,6
4. Энергоэкономичность	0,05	50	95	2,5	4,75
5. Надежность	0,1	90	70	9	7
6. Уровень шума	0,01	90	90	0,9	0,9
7. Безопасность	0,02	80	80	1,6	1,6
8. Потребность в ресурсах памяти	0	0	0	0	0
9. Функциональная мощность	0,1	90	60	9	6
10. Простота эксплуатации	0,1	90	65	9	6,5
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	100	0	10	0
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ		100	0	0	0
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,1	90	40	9	4
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	90	90	9	9
3. Ремонтпригодность	0,05	100	45	5	2,25
4. Живучесть	0,05	90	80	4,5	4
Итого	1	1310	920	88,2	59,1

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

P_i – средневзвешенное значение показателя.

Значение $P_{ср}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{ср}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Вывод: по результатам оценки качества и перспективности разработка является перспективной ($P_{ср} = 88,2$) и выгодной для инвестиций. Основные слабые стороны выявлены при оценке потенциала разработки – неполное соответствие оригиналу в области пределов измерения (можно дополнить, но практической необходимости в этом нет), и необходимость переобучения персонала на новое оборудование.

Технико-экономическое обоснование разрабатываемого комплекса состоит из определения затрат и цены научно-технической продукции (НТПр), экономического эффекта от НТПр, уровня эффективности и срока окупаемости на НТПр.

Календарное планирование работ по разработке устройства осуществляется по директивному графику.

Рассчитаем индекс технического уровня разрабатываемого устройства.

Функционально-технические характеристики проектируемой техники и её аналога сводим в таблицу 3.1.

Таблиц 3.1 - Функционально-технические характеристики проектируемой техники и её аналога

Функционально-техническая характеристика	Единица измерения	Уровень функционально-технических характеристик		Значимость характеристики качества изделия
		α_i^0	α_i	
Масса устройства	кг	1,5	1	0,3
Потребляемая мощность	Вт	7,2	6,5	0,2
Вероятность безотказной работы	—	0,90	0,99	0,5

По таблице 3.1 получаем возможность рассчитать индекс технического уровня проектируемого устройства:

$$J'_{TY} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\alpha_i^0} \mu_i = \frac{1,5}{1} * 0,3 + \frac{7,2}{6,5} * 0,2 + \frac{0,99}{0,90} * 0,5 = 0,45 + 0,22 + 0,55 = 1,22$$

где α_i и α_i^0 – уровень i -ой функционально-технической характеристики

Устройство контроля температуры (УКТ) УКТ38 Щ4 ; μ_i – значимость i -ой функционально-технической характеристики качества изделия; n – количество рассматриваемых функционально-технических характеристик. Значимость i -ой функционально-технической характеристики μ_i определяется экспериментальным путём, при этом $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$. В тоже время технический уровень нового (проектируемого) изделия должен быть увязан с долей влияния его как комплектующего изделия на конечный результат функционирования техники более высокого уровня иерархии через коэффициент K_B , величина которой колеблется в пределах $K_B \leq 1$. Значение K_B определяют экспериментально. $K_B = 0.5$.

Тогда технический уровень проектируемого изделия будет:

$$J_{TY} = J'_{TY} (R = K_B + 1) = 1,22 * (0,5 + 1) = 1,83$$

Технический уровень проектируемого устройства превышает по данным качественным функционально-техническим характеристикам свой аналог, что говорит о высоком техническом уровне проектируемого изделия .

2.2 Анализ рынка сбыта

Изучение спроса на рынке сейчас является важнейшей задачей при функционировании предприятия. Оценка рынка сбыта – оценка-прогноз положения на рынке.

Таблица 3.2 - Прогнозы объема продаж устройства контроля температуры

Вид продукции	Ед.измерения	Объем производства по периодичности		
		1 год	2 год	3 год
Национальный рынок	шт.	1000	1400	1900

2.3 Оценка конкурентной среды

В отличие от аналогов наше устройство имеет высокую надежность – вероятность безотказной работы 0.99 за 10000 часов работы, большую помехозащищенность, малые габариты.

Данные параметры позволят использовать его особенно в тех случаях, когда безотказная работа прибора имеет крайне важное значение.

2.4 Планирование комплекса работ

Затраты времени на проектирование конструкторской части ВКР состоят из двух частей, так как конструкторская документация включает в себя графическую и текстовую части. Нормы времени на один графический документ вычисляются по формуле

$$T_P = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot T_{P, \text{ТАБЛ}},$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий формат чертежа;

K_2 - коэффициент, учитывающий тип производства;

K_3 - коэффициент, учитывающий масштаб изображения;

K_4 - коэффициент применения аппликации;

$T_{P, \text{ТАБЛ}}$ - табличное значение нормы времени на данный документ.

Перечень документов и их характеристик, а также затрат времени на проектирование T_p и на работу на ЭВМ T_{PM} приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Затраты времени на проектирование

Тип	Тип документа	Формат	Кол. эл-тов	$T_{p.табл}$	K1	K2	K3	K4	TP	TP M
Графическая часть	Спецификация	A4	3	1,06	1	1,1	1,1	0,9	1,09	5
	Общий вид датчика	A1	3	4,0	1	1,1	1,1	0,9	4,36	15
	Чертеж платы монтажной	A1		4,47	1	1,1	1	0,9	4,87	10
	Чертеж платы печатной	A1		4,47	1	1,1	1	0,9	4,87	10
	Чертеж схемы структурной	A1	10	15,68	1	1,1	1	0,9	15,52	5
	Тех. задание	A4	2	3	1	1,1	1	0,9	2,97	1
	Обзор существующих аналогов	A4	20	4,8	1	1,1	1	0,9	4,75	15
Текстовая часть	Описание структурной схемы	A4	2	4,8	1	1,1	1	0,9	4,75	5
	Расчет и выбор номиналов элементов	A4	20	1,06	1	1,1	1	0,9	1,049	30
	Расчет потребляемой мощности	A4	2	1,06	1	1,1	1	0,9	1,049	4
	Экономические расчеты	A4	20	1,06	1	1,1	1,1	0,9	1,049	30
	Технологическая часть	A4	18	4,3	1	1,1	1,1	0,9	4,257	10
	Безопасность и экологичность проекта	A4	17	4,8	1	1,1	1,1	0,9	4,752	24
	Метрологическая часть	A4	10	1,06	1	1,1	1	0,9	1,049	20
	Итого, час	178	209							

2.5 Расчет сметы затрат на разработку проекта

Расчет заработной платы

Основную заработную плату проектировщика вычисляют по формуле

$$ОЗП_{ПР} = \frac{(T_P - T_{PM}) \cdot M}{F_P} + \frac{T_{PM} \cdot M}{F_{PM}},$$

где $T_P = 162,75 \cdot 5 + 209 = 371,755$ - общая трудоемкость проектирования конструкторской части разрабатываемого устройства, час;

$T_{PM} = 209$ - общая трудоемкость проектирования конструкторской части разрабатываемого устройства на ПЭВМ, час;

$M = 45000$ - оклад разработчика, руб.;

$F_P = 168$ - месячный эффективный фонд времени для проектировщика, час;

$F_{PM} = 152$ - месячный эффективный фонд времени для пользователя ПЭВМ, час.

Таким образом, получаем с использованием формулы

$$ОЗП_{ПР} = \frac{(371,755 - 209) \cdot 45000}{168} + \frac{209 \cdot 45000}{152} = 105470 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата при изготовлении разрабатываемого устройства

$$ОЗП_{И} = \frac{T_{И} \cdot O_{И}}{F_{И}} \text{ или } ОЗП_{И} = T_{И} \cdot Ч_{И},$$

где $O_{И} = 30000$ рублей - оклад специалиста, осуществляющего сборку и монтаж разрабатываемого устройства;

$T_{И} = 20$ - трудоемкость сборки и монтажа устройства, час;

$F_{И} = 168$ - месячный эффективный фонд времени специалиста, час;

$Ч_{И}$ - часовая тарифная сетка, час.

Таким образом, подставляя числовые значения в формулу

$$ОЗПи = \frac{T_{и} \cdot O_{и}}{F_{и}}, \text{ получим } ОЗПи = \frac{20 \cdot 30000}{168} = 3571,43 \text{ рублей за единицу}$$

продукции.

Основная заработная плата программиста, разрабатывающего программное обеспечение

$$ОЗППР = \frac{T_{ПО} \cdot O_{П}}{F_{PM}},$$

$$T_{ПО} = 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot ЧИК^{1,05} \cdot F_{PM} = 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 250^{1,05} \cdot 152 = 120 \text{ часов}$$

$$ОЗППР = \frac{120 \cdot 45000}{152} = 35526,3 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата

$$ДЗП = ОЗП \cdot K_{д},$$

$$K_{д} = 0,25$$

Дополнительная заработная плата проектировщика $ДЗППР = 26367,5 \text{ руб.}$

Дополнительная заработная плата программиста $ДЗППО = 8881,6 \text{ руб.}$

Дополнительная заработная плата сборщика $ДЗПИ = 892,8 \text{ руб.}$

Начисления на заработную плату

$$НЗП = K_0 \cdot (ОЗП + ДЗП + ДРЗП),$$

где $K_0 = 0,26$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные страхования.

Начисления на заработную плату для проектировщика

$$НЗП = 0,3 \cdot (105470 + 26367,5 + 19775,6) = 45483,9 \text{ руб.}$$

Начисления на заработную плату для программиста

$$НЗП = 0,3 \cdot (35526,3 + 8881,6 + 6661,2) = 15321 \text{ руб.}$$

Начисления на заработную плату для сборщика

$$НЗП = 0,3 \cdot (3571,43 + 892,8 + 669,6) = 1540,1 \text{ руб.}$$

Обязательный налог на страхование от несчастных случаев

$$НСНС = K_1 \cdot (ОЗП + ДЗП + ДРЗП),$$

где $K_1 = 0,31$ - коэффициент, учитывающий налог на страхование от несчастных случаев.

Налог на заработную плату для проектировщика

$$\text{НСНС} = 0,31 \cdot (105470 + 26367,5 + 19775,6) = 47000 \text{ руб.}$$

Налог на заработную плату для программиста

$$\text{НСНС} = 0,31 \cdot (35526,3 + 8881,6 + 6661,2) = 15831,4 \text{ руб.}$$

Налог на заработную плату для сборщика

$$\text{НСНС} = 0,31 \cdot (3571,43 + 892,8 + 669,6) = 1591,4 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на машинное время

Затраты на машинное время рассчитываются по следующей формуле

$$Z_M = T_{\text{ПО}} \cdot Z_{\text{ПЭВМ}} + T_{\text{РМ}} \cdot Z_{\text{ПЭВМ}},$$

где $Z_{\text{ПЭВМ}} = 50$ руб. - стоимость одного часа работы на ПЭВМ для предприятия. Таким образом, получаем

$$Z_M = 120 \cdot 50 + 209 \cdot 50 = 16450 \text{ руб.}$$

По отдельности затраты на машинное время при разработке программного обеспечения составляют 6000 рублей, а при разработке конструкторской документации 10450 рублей.

Определение затрат на материалы

Для разработки программного обеспечения, использования ПЭВМ в проектировании конструкции и оформлении документации необходимо использовать дискеты и компакт-диски. Затраты на их использование вычисляются по формуле

$$Z_{\text{ПО}} = N_{\text{КД}} \cdot C_{\text{КД}}$$

где $N_{\text{КД}} = 2$ - количество используемых компакт-дисков, шт.; $C_{\text{КД}} = 32,5$ - стоимость одного диска, руб. Подставив эти значения в формулу находим

$$Z_{\text{ПО}} = 2 \cdot 32,5 = 65 \text{ руб.}$$

Затраты на листы и ватманы, а также на канцелярские принадлежности рассчитываются по формуле

$$Z_{\text{ДР}} = C_{\text{Л}} \cdot M_{\text{Л}} + C_{\text{В}} \cdot M_{\text{В}} + X,$$

где $C_{л} = 0,2$ руб. - цена одного листа; $N_{ji} = 120$ - количество листов; $C_{в} = 8$ руб. - цена одного ватмана; $N_{в} = 7$ - количество ватманов; $X = 200$ руб. - непредвиденные расходы.

$$Z_{др} = 0,2 \cdot 120 + 8 \cdot 7 + 200 = 280 \text{ руб.}$$

Итого на проектирование конструкторской документации требуется, по формулам сумма

$$65 + 280 = 345 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные и основные материалы определяются по следующей формуле

$$Z_{ов} = \sum(C_p \cdot N_p),$$

где C_p - цена единицы основного, вспомогательного материала, руб.; N_p - норма расхода материала для разрабатываемого устройства (канифоль, спирт, печатная плата, провод монтажный, припой, кислота, гетинакс и т.д., и т.п.).

Затраты сведены в таблицы 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 - Затраты на вспомогательные материалы

№	Наименование затрат	Расход	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	Припой АСАНИ SCS7 (без свинц.; б/отмывочн. флюс 5013) 1.0мм, кг	0,01	1880	18,8
2	Печатная плата, дм ²	1,05	45	47,25
4	Сплав РОЗЕ, кг	0,02	570	11,4
	ИТОГО			77,45

Стоимость реализации всех функций – 130,05 руб. (кабель, корпус).

$$Z_{общ} = 77,45 + 130,5 + 2348,38 = 2555,88 \text{ руб.}$$

Расчет накладных расходов

Накладные расходы составляют 10% от цены спроса.

$$НС = 250000 \cdot 0,1 = 25000 \text{ руб.}$$

Распределение накладных расходов определяется по трудоемкости. Общее время, потраченное на производство устройства, вычисляют по формуле

$$T_{общ} = T_{пр} + T_{прог} + T_{и}$$

где слагаемые соответственно время проектирования, программирования и изготовления.

$$T_{\text{ОБЩ}} = 3717,55 + 1200 + 200 = 5107,554.$$

Накладные расходы в зависимости от трудоемкости распределяются следующим образом:

- на проектирование

$$НС_{\text{ПР}} = \frac{T_{\text{ПР}}}{T_{\text{ОБЩ}}} \cdot НС = \frac{3717,55}{5107,55} \cdot 252801,4 = 18196,3 \text{ руб.}$$

- на программное обеспечение

$$НС_{\text{ПРОГ}} = \frac{T_{\text{ПО}}}{T_{\text{ОБЩ}}} \cdot НС = \frac{1200}{5107,55} \cdot 252801,4 = 5873,6 \text{ руб.}$$

- на изготовление

$$НС_{\text{ИЗГ}} = \frac{T_{\text{ИЗГ}}}{T_{\text{ОБЩ}}} \cdot НС = \frac{200}{5107,55} \cdot 252801,4 = 978,9 \text{ руб.}$$

Определение себестоимости разрабатываемого устройства

На основании выполненных выше расчетов составляются таблицы 3.5. Себестоимость разрабатываемого устройства вычисляют по формуле

$$C = \frac{З_{\text{ПРОЕКТ}} + З_{\text{ПО}}}{Q} + З_{\text{ИЗГОТ}}$$

где $Q = 100$ - объем спроса устройства, шт.

Такой объем спроса объясняется тем, что этот прибор выпускается впервые и потребителю не известны его эксплуатационные качества, т.е. выпускается пробная партия для соответствующих клиник-заказчиков.

Таблица 3.5 - Затраты при проектировании

Наименование статей калькуляции	Затраты, руб.		
	Проектирование	Программное обеспечение	Изготовление
Затраты на материалы	2800	650	2555,88
Затраты на машинное время	10450	6000	154,76

Основная заработная плата	105470	35526,3	3571,43
Дополнительная заработная плата	26367,5	8881,6	892,8
Начисления на заработную плату	45483,9	15321	1540,1
Налог на страхование от несчастных случаев	22,6	213,8	26,7
Накладные расходы	18196,3	5876,3	978,9
Итого	252801,4	87087,5	35579,2

По таблице 3.5 получаем:

$$Z_{\text{ПРОЕКТ}} = 252801,4 \text{ руб.}, Z_{\text{ПО}} = 87087,5 \text{ руб.}, Z_{\text{ИЗГОТ}} = 35579,2 \text{ руб.}$$

Подставив значения в формулу, получаем

$$C = \frac{Z_{\text{ПРОЕКТ}} + Z_{\text{ПО}}}{Q} + Z_{\text{ИЗГОТ}} = (252801,4 + 87087,5) / 100 + 35579,2 =$$

38978,1 руб.

Анализ цен и прибыли

ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНЫ НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ

Значение цены соответствует материальным затратам на проектирование конструкции, программное обеспечение и изготовление без учета налогов.

$$U_i = C = 38978,1 \text{ руб.}, \text{ где } U_i - \text{ первое значение цены.}$$

ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНЫ НА ВТОРОМ ЭТАПЕ

Значение цены входят налоги, ниже этой цены продавать изделие нельзя, так как оно будет приносить убытки. Налоги находятся из цены спроса, которая составляет 252801,4 руб.

Материальные затраты на единицу изделия определяют по формуле

$$M = \frac{M_{\text{ПР}} + M_{\text{ПО}} + O_{\text{А1}} + O_{\text{А2}}}{V} + M_{\text{ИЗГ}}$$

где $M_{\text{ПРОЕКТ}}$ и $M_{\text{ПО}}$ - затраты материалов на проектирование и программное обеспечение, руб.;

O_{A1} и O_{A2} - затраты на машинное время при проектировании и программировании, руб.;

V - объем спроса, шт.;

M_i - затраты материалов при изготовлении.

$$M = \frac{2800+10450+650+6000}{100} + 35579,2 = 35778,2 \text{ руб.}$$

Налог на добавленную стоимость вычисляют по формуле

$$\text{НДС} = 0,18 \cdot (C_C - M) / 1,18$$

Подставляя значения цены спроса и материальных затрат на единицу изделия в формулу, получим

$$\text{НДС} = 0,18 \cdot (252801,4 - 35778,2) / 1,18 = 33105 \text{ руб}$$

Нахождение остальных размеров налогов исходит из цены спроса.

Выручку с единицы изделия вычисляют по формуле

$$V = C_C - \text{НДС}$$

$$V = 252801,4 - 33105 = 219696,4 \text{ руб.}$$

Вторая цена составляет

$$U_2 = C + \text{НДС} = 38978,1 + 33105 = 72083,1 \text{ руб.}$$

ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНЫ НА ТРЕТЬЕМ ЭТАПЕ

значение цены составляет $и_3 = C_C = 252801,4$ руб.

Балансовую прибыль вычисляют по формуле

$$P_b = V - C,$$

где V - выручка с единицы продукции; C - себестоимость;

$$P_b = 219696,4 - 38978,1 = 180718,3 \text{ руб.}$$

Прибыль предприятия вычисляют по формуле

$$P_p = (1 - 0,2) \cdot P_b = 0,8 \cdot 180718,3 = 144574,64 \text{ руб.}$$

Налог на прибыль вычисляют по формуле

$$H_p = 0,2 \cdot P_b, = 0,2 \cdot 180718,3 = 36143,66 \text{ руб.}$$

ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНЫ НА ЧЕТВЕРТОМ ЭТАПЕ

значение цены определяется произведением цены аналога на индекс технического уровня.

$$U_A = 288000 \cdot 1,35 = 388800 \text{ руб.}$$

Значение налогов и прибыли определяется аналогично второй и третьей цене, результаты расчетов сведены в таблицу 8.

ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНЫ НА ПЯТОМ ЭТАПЕ

значение цены определяется с учетом инфляции

$$U_5 = U_A \cdot (K_m \cdot 1,2 + K_z \cdot 1 + (1 - K_m - K_z)),$$

$$K_m = \frac{\frac{M_{ПР} + M_{ПО}}{V} + M_{ИЗГ}}{C},$$

где $M_{П}$ и $M_{ПО}$ - затраты материалов на проектирование и программное обеспечение;

V - объем спроса;

$M_{И}$ - затраты материалов при изготовлении;

C - себестоимость.

Подставив значения в формулу, получим

$$K_m = (34,5 + 35579,2) / 38978,1 = 0,91$$

$$K_z = \frac{\frac{OZ_1 + N_{z1} + OZ_2 + N_{z2}}{V} + OZ_3 + N_{z3}}{C}$$

где OZ_1 , OZ_2 , OZ_3 - общий фонд заработной платы на проектирование, программное обеспечение и производство соответственно;

N_{z1} , N_{z2} , N_{z3} - накладные расходы на проектирование, программное обеспечение и производство.

$$K_z = \frac{\frac{221355,1 + 18196,3 + 74560,8 + 5873,6}{100} + 7495,3 + 978,9}{38978,1} = 0,3$$

Таким образом, подставив данные в формулу, рассчитаем

$$U_5 = 288000 \cdot (0,91 \cdot 1,2 + 0,3 \cdot 1 + (1 - 0,91 - 0,3)) = 366336 \text{ руб.}$$

Значение налогов и прибыли определяют аналогично второй и третьей цене. Результаты расчетов приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Налоги и прибыль

Цена, руб.	НДС	Налог на прибыль	Прибыль
38978,1	—	—	—
71656	32677,9	—	—
252801,4	32677,9	42708,4	135243,4
388800	53750,7	70963	224716,1
366336	50424	55386,7	221547

Соотношение цена-прибыль приведено на рисунке 3.1

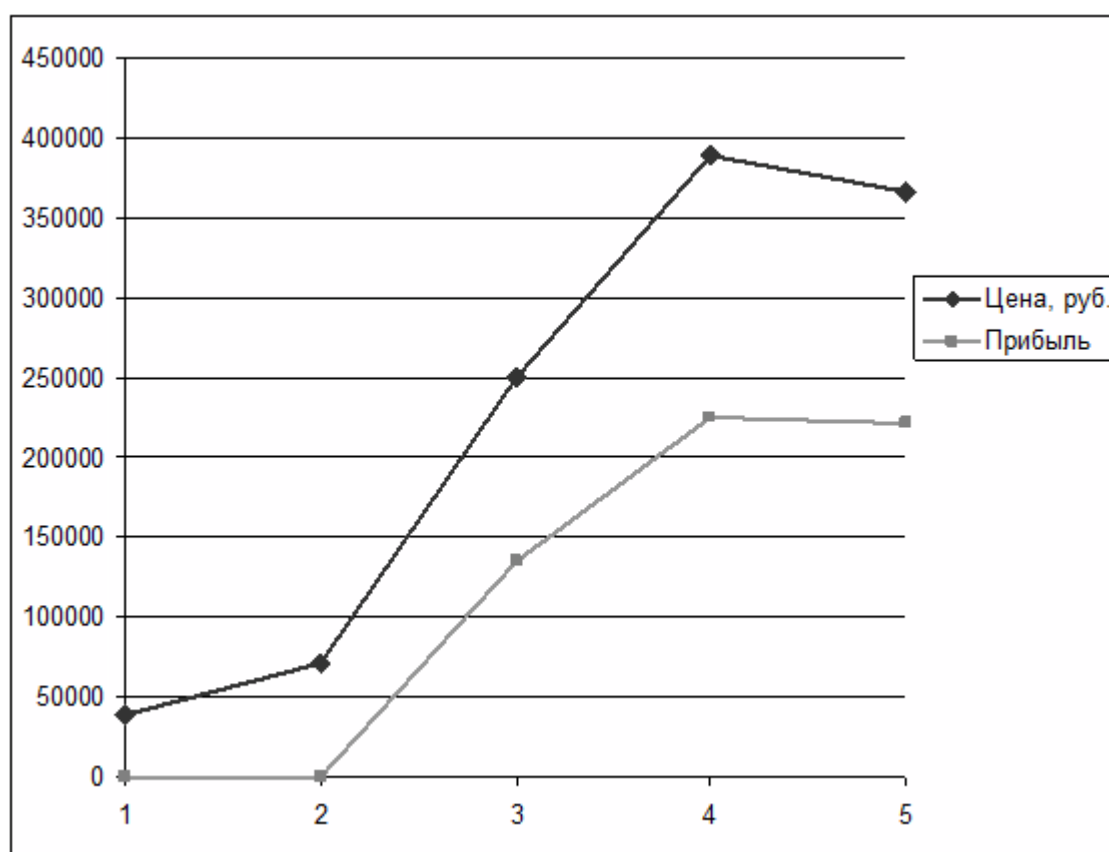


Рисунок 3.1 - Соотношение цена-прибыль

Критический объем производства

Критический объем для всех цен вычисляют по формуле

$$Q_{KP} = \frac{Z_{ПОСТ}}{Ц - Z_{ПЕР}}$$

$$Z_{ПОС} = T_1 + T_2 + (T_3 - T_4) + S_5$$

где T_1 - затраты на проектирование конструкторской части;

T_2 - затраты на программное обеспечение;

T_3 - затраты на изготовление;

T_4 - материалы на изготовление;

$Ц$ - цена;

$Z_{ПЕР} = T_4$.

Подставляя в формулы значения, находим

$$Q_{KP1} = \frac{221355,1 + 74560,8 + (35579,2 - 25558,8)}{38978,1 - 25558,8} = 22,8$$

$$Q_{KP2} = \frac{221355,1 + 74560,8 + (35579,2 - 25558,8) + 32677,9}{71656 - 25558,8} = 7,34$$

$$Q_{KP3} = \frac{221355,1 + 74560,8 + (35579,2 - 25558,8) + 32677,9 + 42708,4}{252801,4 - 25558,8} = 1,7$$

$$Q_{KP4} = \frac{221355,1 + 74560,8 + (35579,2 - 25558,8) + 53750,7 + 7096,3}{388800 - 25558,8} = 1,18$$

$$Q_{KP5} = \frac{221355,1 + 74560,8 + (35579,2 - 25558,8) + 50424 + 55386,7}{366336 - 25558,8} = 1,2$$

Показатели, характеризующие целесообразность разработки устройства приведены в таблице 3.9.

Определение интегральных показателей конкурентоспособности

Интегральный показатель конкурентоспособности определяется для каждой цены по формуле

$$K_K = K_{ПОГ} \cdot K_{ОП} \cdot K_T \cdot 0,84$$

$K_{ОП}$ - коэффициент, учитывающий изменение цен, $K_T = 1,35$ - коэффициент технического уровня, 0,84 - индекс уровня научно-технической прогрессивности. Для функционирования прибора необходимо потреблять

мощность, которая и будет определять общие расходы. Аналог потребляет 7,2 Вт в месяц. КВт·ч стоит 3 руб. Тогда за год аналог потратит

$$Z_{\text{АНАЛОГ}} = 7,2 \cdot 3 \cdot 12 = 259,2 \text{руб.}$$

Разработанное устройство потребляет не более 6,5 Вт в месяц, тогда за год

$$Z_{\text{ПРИБ}} = 6,48 \cdot 3 \cdot 12 = 233,28 \text{руб.}$$

Коэффициент экономии равен $K_{\text{ПОТ}} = \frac{259,2 - 233,28}{259,2} + 1 = 1,1$

Коэффициент, учитывающий изменение цен

$$K_{\text{ОП1}} = \frac{288000}{38978,1} = 7,38$$

$$K_{\text{ОП2}} = \frac{288000}{71656} = 4,02$$

$$K_{\text{ОП3}} = \frac{288000}{252801,4} = 1,152$$

$$K_{\text{ОП4}} = \frac{288000}{388800} = 0,74$$

$$K_{\text{ОП5}} = \frac{288000}{366336} = 0,79$$

Подставив значения в формулу, находим интегральные показатели конкурентоспособности

$$K_{\text{К1}} = 1,1 \cdot 7,38 \cdot 1,35 \cdot 0,84 = 9,2$$

$$K_{\text{К2}} = 1,1 \cdot 4,02 \cdot 1,35 \cdot 0,84 = 5,01$$

$$K_{\text{К3}} = 1,1 \cdot 1,152 \cdot 1,35 \cdot 0,84 = 1,43$$

$$K_{\text{К4}} = 1,1 \cdot 0,74 \cdot 1,35 \cdot 0,84 = 0,92$$

$$K_{\text{К5}} = 1,1 \cdot 0,79 \cdot 1,35 \cdot 0,84 = 0,98$$

Таблица 3.7 - Показатели, характеризующие целесообразность разработки прибора

Наименование показателей	Величина показателя для исходной цены, руб.				
Исходная цена	38978,1	71656	252801,4	288800	366336

Прибыль	0	0	135243,4	224716,1	221547
Налоги		32677,9	75386,3	124713,7	105810,7
Критический объем	22,8	7,34	1,7	1,18	1,2
Экономия потребителя	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Срок морального старения	5	5	5	5	5
Интегральный показатель конкурентоспособности	9,2	5,01	1,43	0,92	0,98