

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Кибернетики
Направление подготовки – Стандартизация и метрология
Кафедра – Систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Методы минимизации погрешностей измерительного канала цифрового осциллографа

УДК 621.317.755:681.2.088-022.231

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Павлова Ирина Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ ИК	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ИСГТ	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер лаборатории радиационной спектроскопии	Маланова Наталья Викторовна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой СУМ ИК	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по направлению

27.03.01 «Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества.	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений.	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт - Кибернетики
Направление подготовки (специальность) - Стандартизация и метрология
Кафедра – Систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Губин В.Е.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Павловой Ирине Алексеевне

Тема работы:

Методы минимизации погрешностей измерительного канала цифрового осциллографа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1651/с от 10.03.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом является амплитудные характеристики цифрового осциллографа. Основная задача - исследование амплитудных характеристик измерительного канала цифрового осциллографа, выявление источников систематической погрешности и поиск путей ее минимизации
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Необходимо провести анализ тех факторов, которые обуславливают возникновение систематической погрешности в измерительном канале цифрового осциллографа; провести экспериментальное исследование по определению амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа на переменном токе; создать таблицу поправок.
Перечень графического материала	- графики экспериментально полученных поправок к амплитудным характеристикам измерительных каналов цифрового осциллографа; - презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Маланова Наталья Викторовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.10.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ ИК	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Павлова Ирина Алексеевна		

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

Институт – Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) – 27.03.01 Стандартизация и метрология
 Уровень образования – Бакалавриат
 Кафедра – Систем управления и мехатроники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)
 Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы	
---	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13/06/2017	Основная часть	60
08/06/2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
14/06/2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ ИК	Заревич Антон Иванович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой СУМ ИК	Губин Владимир Евгеньевич	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Павловой Ирине Алексеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Систем управления и мехатроники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 «Стандартизация и метрология»

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа НИ: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры и трудоемкости работ в рамках научно-технического исследования (НТИ), разработка графика проведения НТИ, планирование бюджета НТИ.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НТИ.</i>

Перечень графического материала:

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Альтернативы проведения НИ*
4. *График проведения и бюджет НИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ИСГТ	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Павлова Ирина Алексеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Павловой Ирине Алексеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Систем управления и мехатроники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 «Стандартизация и метрология»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i></p>	<p><i>В разделе «Социальная ответственность» рассматриваются вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера по качеству в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды.</i></p> <p><i>Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером, цифровым осциллографом LeCroy WaveSurfer 62Xs, генератором прецизионным ГС-50, вольтметром универсальным В7-46/1</i></p> <p><i>Оборудование: цифровой осциллограф LeCroy WaveSurfer 62Xs, генератор прецизионный ГС-50, вольтметр универсальный В7-46/1, компьютер, мебель (шкаф, стулья, столы).</i></p> <p><i>В данной рабочей зоне возможно возникновение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (недостаточная освещенность рабочей зоны, отклонение показателей микроклимата, повышенный уровень напряженности электромагнитного поля - опасных факторов (вопросы электробезопасности и пожаробезопасности); - чрезвычайных ситуаций.
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</i></p> <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</i></p>	<p><i>Проводится анализ выявленных вредных факторов производственной среды, таких как:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень электромагнитных излучений; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень вибрации. <p><i>Анализ выявленных опасных факторов производственной среды, таких как:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Электробезопасность Пожаробезопасность
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Анализ воздействия на литосферу: образование отходов при поломке или утилизации компьютера, цифрового осциллографа</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - компоновка рабочей зоны</i>
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер лаборатории радиационной спектроскопии	Маланова Наталья Викторовна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Павлова Ирина Алексеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 121 с., 32 рис., 15 табл., 23 источника, 5 прил.

Ключевые слова: цифровой осциллограф, аналого-цифровой преобразователь, цифровая обработка сигналов, погрешности измерения, измерительный канал.

Keywords: digital oscilloscope, analog-to-digital converter, digital signal processing, measurement errors, measuring channel.

Объектом исследования являются амплитудные характеристики цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs.

Цель работы – повышение точности осциллографических методов измерения мгновенных значений напряжения переменного тока.

В работе было использовано следующее оборудование:

- цифровой осциллограф LeCroy WaveSurfer 62Xs;
- вольтметр универсальный В7-46/1;
- генератор прецизионный Гс-50;
- персональный компьютер с операционной системой Windows 7;
- программный пакет Matlab.

В процессе исследования проводились: анализ появления систематической погрешности осциллографических измерений, составление алгоритма расчет таблиц поправок, получение и обработка экспериментальных данных

В результате исследования было выявлено, что систематические погрешности измерительных каналов осциллографа определяются амплитудными и амплитудно-частотными характеристиками измерительных каналов.

Область применения: лаборатории низковольтного оборудования, учебный процесс в ВУЗах по направлениям электроника, метрология.

Оглавление

	С.
Введение	14
1. Факторы возникновения случайной и систематической составляющей погрешности при осциллографических измерениях	17
1.1 Обоснование необходимости осциллографических измерений.....	17
1.2 Обзор аналогов объекта исследования – цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62 Xs	20
1.3 Типичная конструкция и принцип действия цифрового осциллографа	23
1.4 Анализ источников погрешностей цифрового осциллографа	24
1.5 Виды аналого-цифровых преобразователей	25
1.5.1 Параллельные АЦП.....	26
1.5.2 АЦП последовательного приближения.....	27
1.5.3 Сигма – дельта АЦП	28
1.5.4 Интегрирующие АЦП	29
1.6 Погрешности АЦП	31
1.6.1 Аддитивная погрешность.....	31
1.6.2 Мультипликативная погрешность.....	32
1.6.3 Дифференциальная нелинейность.....	33
1.6.4 Интегральная нелинейность	34
1.6.5 Погрешность квантования	35
1.7 Случайная и систематическая погрешности, грубые погрешности	36
1.8 Методы повышения точности измерений за счет устранения различных видов погрешностей.....	38
2 Планирование эксперимента	43
2.1 Описание экспериментальной установки	43

2.2	Планирование эксперимента	51
2.3	Порядок обработки экспериментальных данных	54
2.3.1	Алгоритм обработки экспериментальных данных	54
2.3.2	Получение таблиц поправок	56
3	Экспериментальные исследования и анализ их результатов	58
3.1	Получение экспериментальных данных	58
3.1.1	Порядок проведения эксперимента	58
3.1.2	Первичные результаты эксперимента	59
3.2	Статистическая обработка результатов эксперимента.....	65
3.2.1	Исключение случайной составляющей погрешности	65
3.2.2	Получение итоговых характеристик	68
4	Финансовый менеджмент	75
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	75
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	75
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	75
4.1.3	Технология QuaD	77
4.1.4	SWOT- анализ.....	78
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	82
4.3	Планирование научно-исследовательских работ	84
4.4	Бюджет научно-технического исследования	85
4.4.1	Расчет материальных затрат	85
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	86

4.6 Оценка экономической эффективности проекта	88
5 Социальная ответственность	90
5.1 Производственная безопасность	91
5.1.1 Анализ вредных факторов	92
5.1.2 Анализ опасных факторов	100
5.2 Экологическая безопасность	105
5.2.1 Загрязнение гидросферы.....	105
5.2.2 Отходы	106
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	107
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	108
Заключение	111
Список использованных источников	112
Приложение А (справочное).....	115
Приложение Б (справочное)	116
Приложение В (справочное).....	117
Приложение Г (справочное)	118
Приложение Д (обязательное).....	119

Введение

В современном мире цифровой осциллограф представляет из себя не просто измерительный прибор, а целую вычислительную машину, со своим процессором, памятью и многочисленными дополнительными функциями.

Для исследования параметров быстропротекающего процесса используются цифровые осциллографы, которые в общем случае состоят из следующих элементов:

- цепи согласования;
- аналого-цифровой преобразователь;
- буфер для накопления мгновенных значений;
- средство отображения содержимого буфера на экране;
- инструменты для анализа, отображенного на экране временного графика.

Конечно, также используются специализированные приборы, например, частотомеры, импульсные вольтметры, детекторы пиковых значений и так далее. Но они позволяют определить только некоторые, крайне малые значения параметров процесса или сигнала. Однако, использование осциллографического метода измерений имеет свои погрешности и неточности. Есть несколько источников погрешностей цифрового осциллографа. Источниками случайных погрешностей являются шумы электронных компонентов и взаимные наводки каналов. Источниками систематических погрешностей являются дифференциальные и интегральные погрешности АЦП, погрешности квантования АЦП, а также нелинейности амплитудных и амплитудно-частотных характеристик усилителей и делителей каналов. Один из классических способов уменьшения влияния погрешностей – это определение поправки, то есть абсолютной погрешности, которую необходимо добавить, чтобы получить истинное значение. С этой целью, обычно на вход измерительного прибора подается заранее известный сигнал, с заранее известными параметрами, данный сигнал измеряется и

определяется разница между измеренным значением и тем значением, который подали на вход. Таким образом, получив с помощью средства измерения набор значений от исследуемого процесса и прибавив к ним подобные поправки, мы получим наиболее точные значения, характеризующие процесс для дальнейшего изучения.

Из всего вышесказанного можно выделить проблему между универсальностью цифрового осциллографа и его метрологическими характеристиками.

Актуальность данной работы состоит в том, чтобы повысить точность измерений мгновенных значений напряжения цифровым осциллографом путем минимизации систематической составляющей погрешности.

Это необходимо, так как в Томском политехническом университете широко распространено в различных учебных курсах использование цифрового осциллографа. В частности, в учебных лабораториях кафедры систем управления и мехатроники института кибернетики возможно использование цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs. Для того чтобы повысить точность измерения напряжения необходимо минимизировать погрешности прибора. Для этого необходимы исследования амплитудных и частотных характеристик измерительного канала напряжения цифрового осциллографа, выявление источников погрешности и поиск путей её минимизации. Это возможно с помощью экспериментального получения таблицы поправок.

Предмет исследования – измерение значений напряжения переменного тока.

Целью данной работы является повышение точности осциллографических методов измерения мгновенных значений напряжения переменного тока.

Объектом исследования являются амплитудные характеристики цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs.

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих **задач исследования:**

1. Определить основные факторы, обуславливающие появление случайной и систематической составляющей погрешностей цифрового осциллографа, и конкретизировать методы приемлемые для решения их минимизации.

2. Провести планирование эксперимента по получению амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs.

3. Провести экспериментальные исследования и на основании их результата получить таблицу поправок к амплитудным характеристикам измерительных каналов цифрового осциллографа.

Практическая значимость работы заключается в том, что проведенные в данной работе исследования могут предложить апробированные алгоритмы для дальнейших работ, направленных на минимизацию систематической составляющей погрешности, возникающей при осциллографических измерениях мгновенных значений напряжения сигналов сложной формы.

1. Факторы возникновения случайной и систематической составляющей погрешности при осциллографических измерениях

В первом разделе работы проведен анализ литературных источников для изучения типичной конструкции цифрового осциллографа и определения основных факторов, которые обуславливают появление случайной и систематической составляющей погрешности измерения напряжения цифровым осциллографом. Определены методы минимизации данных составляющих, изучены способы определения систематической погрешности цифрового осциллографа.

1.1 Обоснование необходимости осциллографических измерений

Изначально, по своей природе все сигналы являются аналоговыми. Однако принято различать аналоговые и цифровые сигналы. Это различие можно выразить в том, что в природе изначально аналоговыми сигналами представляются все измеримые физические величины.

Некоторые сигналы могут представлять собой реакции на какие-либо другие сигналы. Примером такого сигнала может быть отраженный сигнал радара или отраженный сигнал ультразвуковой системы отображения, где отраженный сигнал является результатом действия известного переданного сигнала.

Однако, еще существуют сигналы, которые называют цифровыми, где сигнал, который обработан определенным образом, преобразован в цифры.

Главная цель обработки физических сигналов заключается в необходимости получения содержащейся в них информации. Эта информация обычно присутствует в амплитуде сигнала (абсолютной или относительной), в частоте или в спектральном составе, в фазе или в относительных временных зависимостях нескольких сигналов. Как только

желаемая информация будет извлечена из сигнала, она может быть использована различными способами.

В некоторых случаях желательно переформатировать информацию, содержащуюся в сигнале. В частности, смена формата имеет место при передаче звукового сигнала в телефонной системе с многоканальным доступом и частотным разделением.

Цели обработки сигналов:

- извлечение информации о сигнале, таких как амплитуда, фаза, частота, спектральные составляющие, временные соотношения;
- преобразование формата сигнала (телефония с разделением каналов);
- сжатие данных (модемы, сотовые телефоны, телевидение);
- формирование сигналов обратной связи (управление промышленными процессами);
- выделение сигнала из шума (фильтрация, автокорреляция, свертка);
- выделение и сохранение сигнала в цифровом виде для последующей обработки (быстрое преобразование Фурье).

Для измерения определенных параметров сигнала используются специализированные приборы, например, частотомеры, импульсные вольтметры, детекторы пиковых значений и так далее. Так, например, современные высококласные вольтметры, позволяют проводить измерения от микровольт до киловольт. Частотомеры позволяют измерять частоту гармонических сигналов с точностью до долей тысячных процентов. При этом максимальная точность достигается в измерении параметров постоянного напряжения и с этой целью созданы приборы с высочайшей точностью, данные приборы не предназначены для измерений параметров сложных сигналов. Но они позволяют определить только некоторые, крайне малые значения параметров процесса или сигнала. Измерения параметров сложных сигналов требует знаний о мгновенных значениях сигнала. С этой

целью были разработаны специализированные приборы – осциллографы, непосредственно предназначенные для наблюдения и измерения параметров и формы сигналов.

Исторически название “осциллограф” связано с приборами, фиксирующими форму колебаний на светочувствительную пленку (световые самописцы). В отечественной литературе это определение перешло на электронно-лучевые осциллографы, а затем – и на цифровые.

Методы осциллографических измерений делят на две группы. Первая группа - это традиционные методы визуального наблюдения сигнала на экране аналогового осциллографа и измерения его параметров по калиброванной сетке (метод калиброванных шкал). Более точные методы предусматривают сравнение на экране осциллографа исследуемого сигнала с эталонным (методы замещения и электронных меток). Они используются в цифровых осциллографах и предполагают прямое аналого-цифровое преобразование входного сигнала и сохранение его параметров в оперативной памяти. В этом случае процессы визуализации сигнала и измерения его параметров разорваны во времени. Процедура измерения сводится к извлечению из памяти мгновенных значений сигнала в выбранных временных точках. Калиброванный интервал дискретизации сигнала позволяет определять временные параметры сигнала путем подсчета количества отсчетов в интересующем промежутке.

Современный осциллограф является комплексным многофункциональным измерительным прибором и предоставляет следующие возможности – анализатор спектра, вольтметр, генератор сигналов заданной формы и др.

Таким образом, осциллограф дает нам возможность использовать его как универсальный прибор для измерения параметров и формы сигналов, что делает его необходимым в области радиоэлектроники.

1.2 Обзор аналогов объекта исследования – цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62 Xs

Современные цифровые осциллографы достигли небывалых высот в своём развитии и обладают по истине безграничными возможностями анализа сигнала. В этом видна заслуга ведущих производителей контрольно-измерительного оборудования из Европы и США.

Для того, что обосновать актуальность выбора цифрового осциллографа для исследований в данной работе, необходимо сделать сравнительную характеристику данного осциллографа с теми осциллографами, которые доступны нам сейчас от ведущих мировых производителей в данной области. Необходимо выявить аналоги цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs и выделить различия между ними. Главным критерием будет сравнение всех моделей по такому параметру, как величина погрешности измерения. Это позволит нам сделать вывод о конкурентоспособности цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs и, следовательно, сделать вывод об актуальности использования данного осциллографа для экспериментальных исследований в данной работе. Описание типа средства измерения с указанием регистрационного номера в Государственном реестре средств измерений для цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs представлено в Приложении А.

В качестве ведущих производителей цифровых осциллографов выбраны следующие компании:

- LeCroy Corporation;
- Tektronix;
- Agilent Technologies;

У производителя LeCroy Corporation ближайшим аналогом для цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs является модель LeCroy

WaveRunner 606Zi. Свидетельство об утверждении типа средства измерения данного цифрового осциллографа представлено в Приложении Б.

У производителя Tektronix ближайшим аналогом для цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs является модель осциллографа с цифровым люминофором DPO7054C. Свидетельство об утверждении типа средства измерения данного цифрового осциллографа представлено в Приложении В.

У производителя Agilent Technologies ближайшим аналогом для цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs является модель осциллографа DSO6054A. Свидетельство об утверждении типа средства измерения данного цифрового осциллографа представлено в Приложении Г.

Таким образом, было выбрано 3 модели для сравнения от различных производителей, в том числе и от того же производителя, что и у выбранного нами осциллографа, все модели доступны для покупки на сегодняшний день.

В таблице 1.1 представлена сравнительная характеристика всех вышеуказанных цифровых осциллографов

Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика цифровых осциллографов.

Наименование осциллографа/ Параметр для сравнения	LeCroy WaveSurfer 62X	LeCroy WaveRunner 606Zi	DPO7054C	DSO6054A
Полоса пропускания, МГц	600	600	500	500
Время нарастания ПХ, не более, пс	580	580	-	-

Продолжение таблицы 1.1

Наименование осциллографа/ Параметр для сравнения	LeCroy WaveSurfer 62X	LeCroy WaveRunner 606Zi	DPO7054C	DSO6054A
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока, мВ	$\pm (1,5^* 10^{-2} * 8 * K_0 + 2)$, где 8 – количество делений по вертикали, K_0 выражен в мВ/дел	$\pm (1,5^* 10^{-2} * 8 * K_0 + 1)$, где 8 – количество делений по вертикали, K_0 выражен в мВ/дел	$\pm (1,2^* 10^{-2} * 5 * K_0 + 1)$, K_0 выражен в мВ/дел	$\pm (1,5^* 10^{-2} * 8 * K_0 + 2)$, K_0 выражен в мВ/дел

Таким образом, сравнив такой параметр как пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока можно сделать вывод о том, что несмотря на то, что аналоги цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs новее и имеют более усовершенствованную конструкцию, существенного изменения в области повышения точности измерений цифровым осциллографом нет.

То есть значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока для всех цифровых осциллографов из сравнительной характеристики отличаются несущественно.

Это подтверждает актуальность данной работы, так как несмотря на уровень развития в области осциллографических измерений, все еще присутствует необходимость минимизации погрешностей измерительного канала цифрового осциллографа.

1.3 Типичная конструкция и принцип действия цифрового осциллографа

Для выявления источников погрешности в осциллографе рассмотрим упрощенную структурную схему прибора, приведенную на рисунке 1.1.

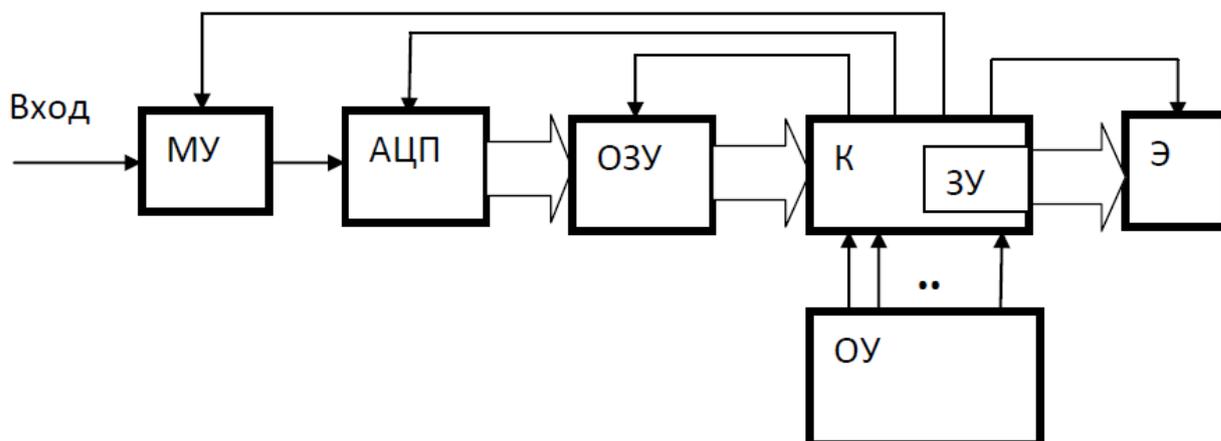


Рисунок 1.1 - Упрощенная структурная схема цифрового осциллографа

Обозначения[1]: МУ – масштабирующее устройство (усилитель и делитель напряжения); АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; К – контроллер; ЗУ – запоминающее устройство; Э – экран; ОУ – органы управления (кнопки, ручки).

Пройдя через МУ, входное напряжение преобразуется в АЦП в дискретную последовательность кодовых слов, отображающих мгновенные значения напряжения. Каждое новое кодовое слово записывается в ОЗУ. При этом все предыдущие записанные отсчёты сдвигаются на одну ячейку (регистр сдвига), а самый первый исчезает, как бы «выталкивается». Если ОЗУ состоит из M ячеек, то в нём, постоянно обновляясь, содержится M последних, «свежих», кодовых слов. Так продолжается до тех пор, пока не будет выполнено некое заданное условие. После этого содержимое некоторого количества ячеек ОЗУ переписывается в запоминающее устройство ЗУ, входящее в состав контроллера К [14].

Каждой ячейке ЗУ соответствует точка на экране, которая по цвету от фона отличается. Её абсциссу определяет номер ячейки, а ординату кодовое слово, находящееся в этой ячейке.

1.4 Анализ источников погрешностей цифрового осциллографа

Рассмотрев схему, приведенную выше, можно выделить три блока появления погрешностей: щупы, масштабный преобразователь, аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Теперь если говорить о масштабирующем устройстве, то нужно рассматривать отдельно усилитель и делитель напряжения. Для того чтобы увидеть на экране осциллографа действительную форму исследуемого сигнала, нужно равномерно и неискаженно усилить все частотные составляющие, из которых складывается форма данного сигнала. Таким образом, основным параметром усилителя является его полоса пропускания.

Любой не синусоидальный сигнал сложной формы можно представить в виде постоянной составляющей и суммы гармонических составляющих различной амплитуды, частоты и фазовых сдвигов. Поэтому чем больше число составляющих, тем больше результирующая кривая будет похожа на форму истинного сигнала. Таким образом, усилитель должен иметь достаточную полосу пропускания, иначе результирующая кривая на осциллографе не будет соответствовать форме исследуемого сигнала.

Усилитель осциллографа должен не только пропустить колебания всех частот, но и усилить их равномерно и не изменить фазовых сдвигов. А это значит, что амплитудные, частотные и фазовые характеристики усилителя должны быть линейными [15]

Щуп подключается к осциллографу с помощью кабеля, который обладает некоторой емкостью. Таким образом, получится фильтр нижних частот, а значит, с изменением частоты изменится и амплитуда. Однако в

реальных осциллографах на входе добавляют емкость, чтобы скомпенсировать емкость кабеля. В идеальном случае емкость кабеля и добавленная емкость должны быть равны, а коэффициент деления не зависеть от частоты.

Аналогово-цифровой преобразователь – это важный электронный компонент в измерительном и тестовом оборудовании. АЦП преобразует аналоговый сигнал в код, над которым микропроцессор и программное обеспечение выполняют определенные действия.

Основным источником систематической погрешности в осциллографе является аналогово-цифровой преобразователь, поскольку в нём происходит наиболее существенное искажение формы сигнала. Сигнал квантуется по времени и по уровню. И если квантование по времени, при выполнении условия Котельникова (Найквиста-Шеннона) не искажает форму сигнала. Точнее, строго математически доказывается, что при частоте квантования в два раза большей, чем верхняя граничная частота спектра сигнала, исходный сигнал может быть однозначно восстановлен. То квантование по уровню неизбежно приводит к потере информации. При этом данное искажение, очевидно, уменьшается с повышением разрядности АЦП. Поэтому далее мы остановимся подробно на рассмотрении различных видов АЦП.

1.5 Виды аналого-цифровых преобразователей

Для того чтобы понять источник погрешности в АЦП, следует рассмотреть различные их виды и архитектуры. Различное измерительное оборудование использует различные типы АЦП. Выделяют следующие основные виды аналого-цифровых преобразователей:

- параллельные АЦП;
- АЦП последовательного приближения;
- сигма-дельта АЦП;
- интегрирующие АЦП.

Ниже мы рассмотрим их архитектуры, опишем принципы их функционирования и укажем области применения.

1.5.1 Параллельные АЦП

Большинство высокоскоростных осциллографов [16] и некоторые высокочастотные измерительные приборы используют параллельные АЦП (рисунок 2.1) из-за их высокой скорости преобразования, которая может достигать $5 \cdot 10^9$ отсчетов/сек для стандартных устройств и $20 \cdot 10^9$ отсчетов/сек для оригинальных разработок. Обычно параллельные АЦП имеют разрешение до 8 разрядов, но встречаются также 10-ти и более разрядные версии.

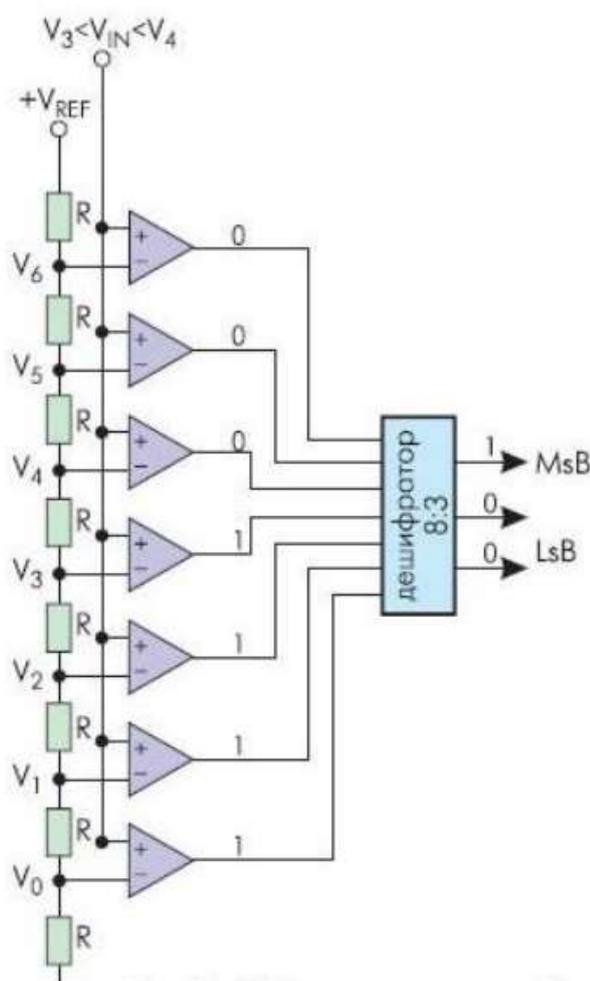


Рисунок 2.1 – АЦП параллельного преобразования

На рисунке 2.1 показана упрощенная блок-схема 3-х разрядного параллельного АЦП (для преобразователей с большим разрешением принцип работы сохраняется).

В данном виде АЦП используется массив компараторов, каждый из которых сравнивает входное напряжение с индивидуальным опорным напряжением. Такое опорное напряжение для каждого компаратора формируется на встроенном прецизионном резистивном делителе. Входное напряжение подается на вход компараторов. Напряжение сравнивается, если $U_{вх} \geq U_{раз}$, то 0, если $U_{вх} < U_{раз}$, то 1. Таким образом, появляется слово из 0 и 1, данное слово с выхода дешифратора преобразуется в код АЦП.

Шумы всех электронных элементов создают случайную погрешность измерения. В свою очередь, невозможно изготовить все резисторы матрицы равными друг другу, так возникает систематическая погрешность. В следствие возникает не линейность, которая имеет волнообразный характер, а также имеется смещение нуля за счет начального резистора.

1.5.2 АЦП последовательного приближения

Когда необходимо разрешение 12, 14 или 16 разрядов и не требуется высокая скорость преобразования [16], то определяющими факторами являются низкая цена и невысокое энергопотребление, то обычно применяют АЦП последовательного приближения. Чаще всего этот тип АЦП используется в разнообразных измерительных приборах и в системах сбора данных. На рисунке 1.3 изображена упрощенная блок-схема АЦП последовательного приближения.

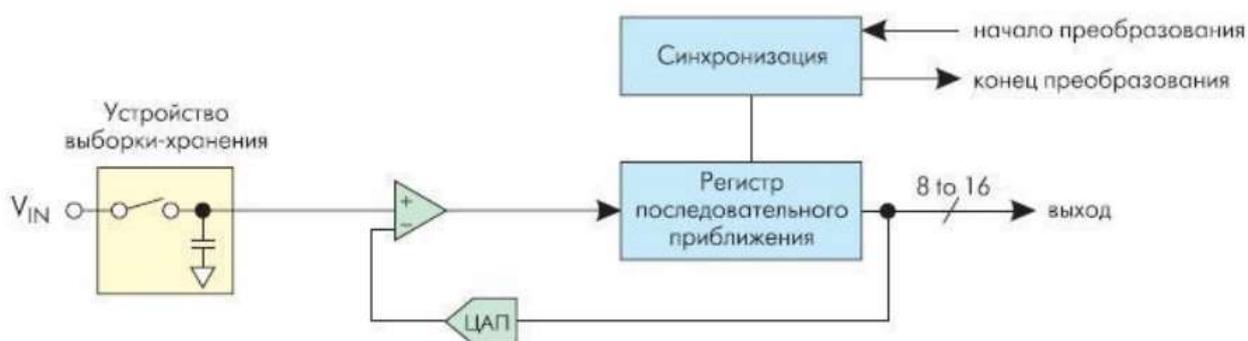


Рисунок 1.3 – АЦП последовательного приближения

В основе АЦП данного типа лежит специальный регистр последовательного приближения. В начале цикла преобразования все выходы этого регистра устанавливаются в логический 0, за исключением первого разряда. Это формирует на выходе внутреннего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) сигнал, значение которого равно половине входного диапазона АЦП. А выход компаратора переключается в состояние, определяющее разницу между сигналом на выходе ЦАП и измеряемым входным напряжением.

1.5.3 Сигма – дельта АЦП

Для проведения большинства измерений часто не требуется АЦП со скоростью преобразования, которую даёт АЦП последовательного приближения [16], зато необходима большая разрешающая способность. Сигма-дельта АЦП могут обеспечивать разрешающую способность до 24 разрядов, но скорости преобразования они уступают АЦП последовательного приближения. Так, в сигма-дельта АЦП при 16 разрядах можно получить частоту дискретизации до 100К отсчетов/сек, а при 24 разрядах эта частота падает до 1К отсчетов/сек и менее, в зависимости от устройства.

Обычно сигма-дельта АЦП применяются в разнообразных системах сбора данных и в измерительном оборудовании (измерение давления, температуры, веса и т.п.).

На рисунке 1.4 приведена блок-схема сигма-дельта АЦП первого порядка.

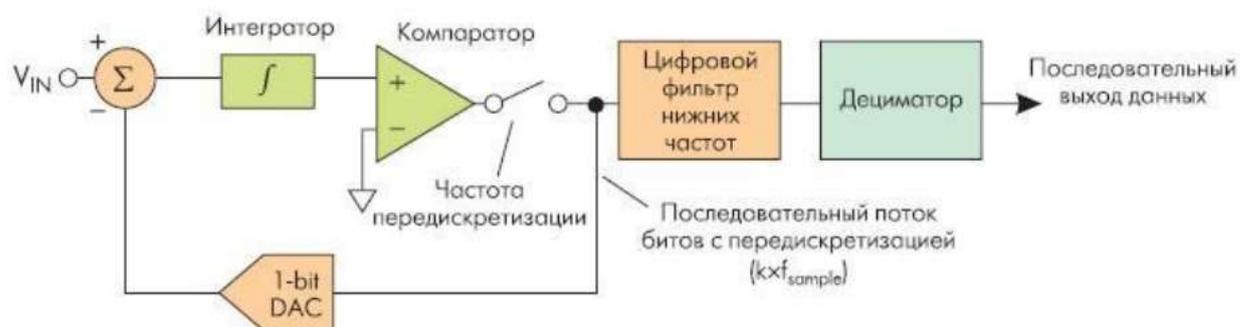


Рисунок 1.4 – Сигма-дельта АЦП

Принцип действия данного АЦП заключается в том, что аналоговый сигнал подается на интегратор, выходы которого подсоединены к компаратору, который в свою очередь присоединен к 1-разрядному ЦАП в петле обратной связи. Путем серии последовательных итераций интегратор, компаратор, ЦАП и сумматор дают поток последовательных битов, в котором содержится информация о величине входного напряжения.

Результирующая цифровая последовательность [16] затем подается на фильтр нижних частот для подавления компонентов с частотами выше частоты Котельникова. После удаления высокочастотных составляющих следующий узел - дециматор – прореживает данные.

Дополнительным и очень важным достоинством сигма-дельта АЦП является то, что все его внутренние узлы могут быть выполнены интегральным способом на площади одного кремниевого кристалла. Это заметно снижает стоимость конечных устройств и повышает стабильность характеристик АЦП.

1.5.4 Интегрирующие АЦП

И последний тип АЦП, о котором пойдет здесь речь – АЦП двухтактного интегрирования. В цифровых мультиметрах, как правило,

используются именно такие АЦП, так как в этих измерительных приборах необходимо сочетание высокого разрешения и высокого помехоподавления.

На рисунке 1.5 показан принцип работы АЦП двухтактного интегрирования.

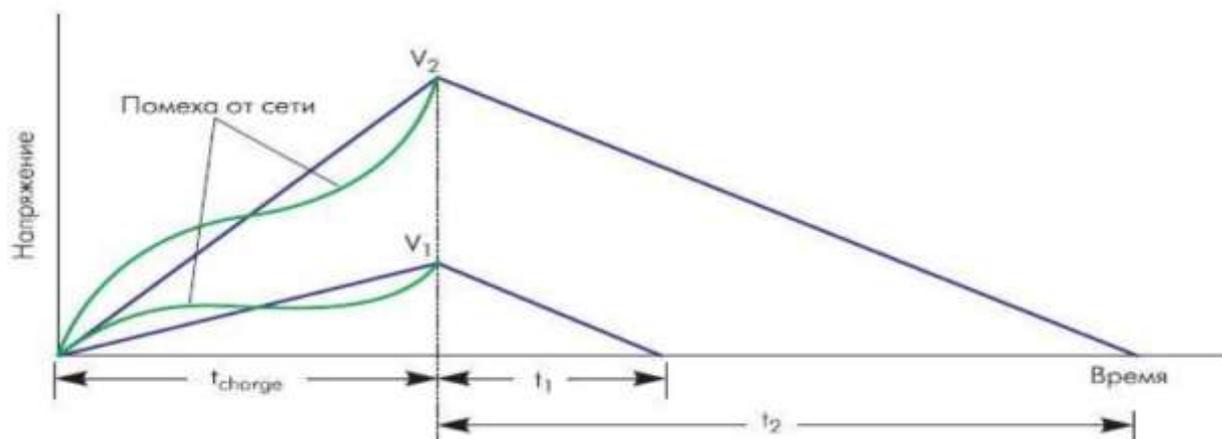


Рисунок 1.5 – Принцип действия интегрирующего АЦП

Принцип действия данного вида АЦП заключается в том, что входной сигнал заряжает конденсатор в течение фиксированного периода времени, который обычно составляет один период частоты питающей сети (50 или 60 Гц) или кратен ему. При интегрировании входного сигнала в течение промежутка времени такой длительности высокочастотные помехи подавляются. Одновременно исключается влияние нестабильности напряжения сетевого источника питания на точность преобразования. Это происходит потому, что значение интеграла от синусоидального сигнала равно нулю, если интегрирование осуществляется во временном интервале, кратном периоду изменения синусоиды.

По окончании времени заряда АЦП разряжает конденсатор с фиксированной скоростью, в то время как внутренний счетчик подсчитывает количество тактовых импульсов за время разряда конденсатора. Большее время разряда, таким образом, соответствует большему значению показаний счетчика и большему измеряемому напряжению.

АЦП двухтактного интегрирования [16] имеют высокую точность и высокую разрешающую способность, а также имеют сравнительно простую

структуру. Это дает возможность выполнять их в виде интегральных микросхем. Основным недостатком таких АЦП - большое время преобразования, обусловленное привязкой периода интегрирования к длительности периода питающей сети.

Если отобразить все рассмотренные выше типы АЦП на обобщающей диаграмме, то можно увидеть, что в зависимости от разрешающей способности они расположены обратно пропорционально относительно частоты дискретизации. На рисунке 1.6 представлены перечисленные виды АЦП.

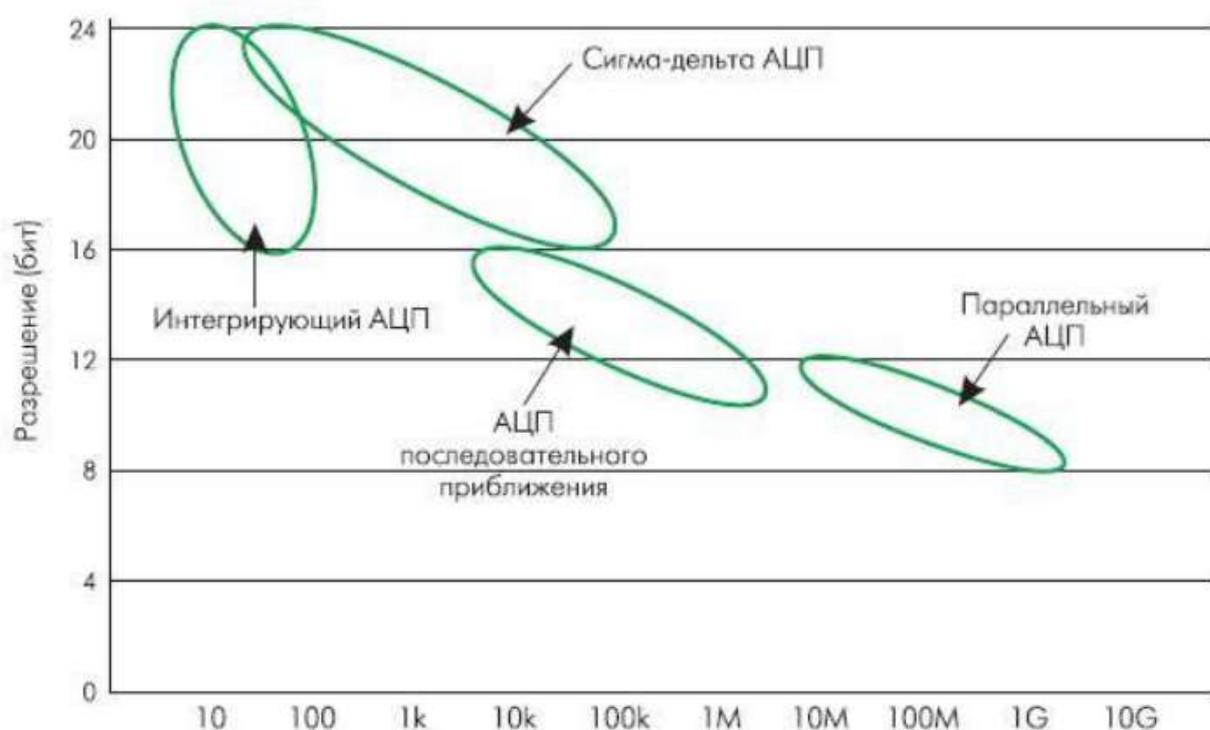


Рисунок 1.6 – Типы АЦП в зависимости от частоты дискретизации

1.6 Погрешности АЦП

1.6.1 Аддитивная погрешность

Идеальная передаточная характеристика АЦП пересекает начало координат, а первый переход кода происходит при достижении значения 1 величины наименьшего значащего разряда (LSB - low significant bit).

Аддитивная погрешность (погрешность смещения) может быть определена как смещение всей передаточной характеристики влево или вправо относительно оси входного напряжения, как показано на рисунке 1.7. Таким образом, в определение аддитивной погрешности АЦП намеренно включено смещение $1/2$ LSB [17].



Рисунок 1.7 – Аддитивная погрешность

1.6.2 Мультипликативная погрешность

Мультипликативная погрешность (погрешность полной шкалы) представляет собой разность между идеальной и реальной передаточными характеристиками в точке максимального выходного значения при условии, что смещение отсутствует (нулевая аддитивная погрешность). мультипликативная погрешность проявляется как изменение наклона передаточной функции [18], что видно на рисунке 1.8.

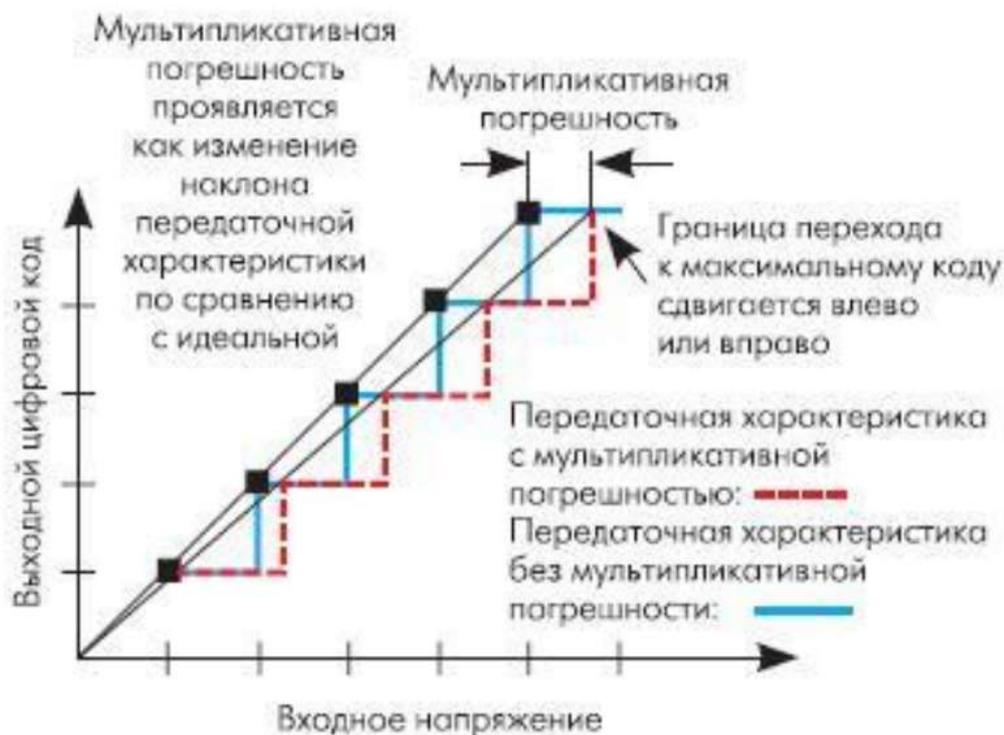


Рисунок 1.8 – Мультипликативная погрешность

1.6.3 Дифференциальная нелинейность

У идеальной передаточной характеристики АЦП ширина каждой "ступеньки" должна быть одинакова. Разница в длине горизонтальных отрезков этой кусочно-линейной функции представляет собой дифференциальную нелинейность (DNL - differential non-linearity), что показывает рисунок 1.9.

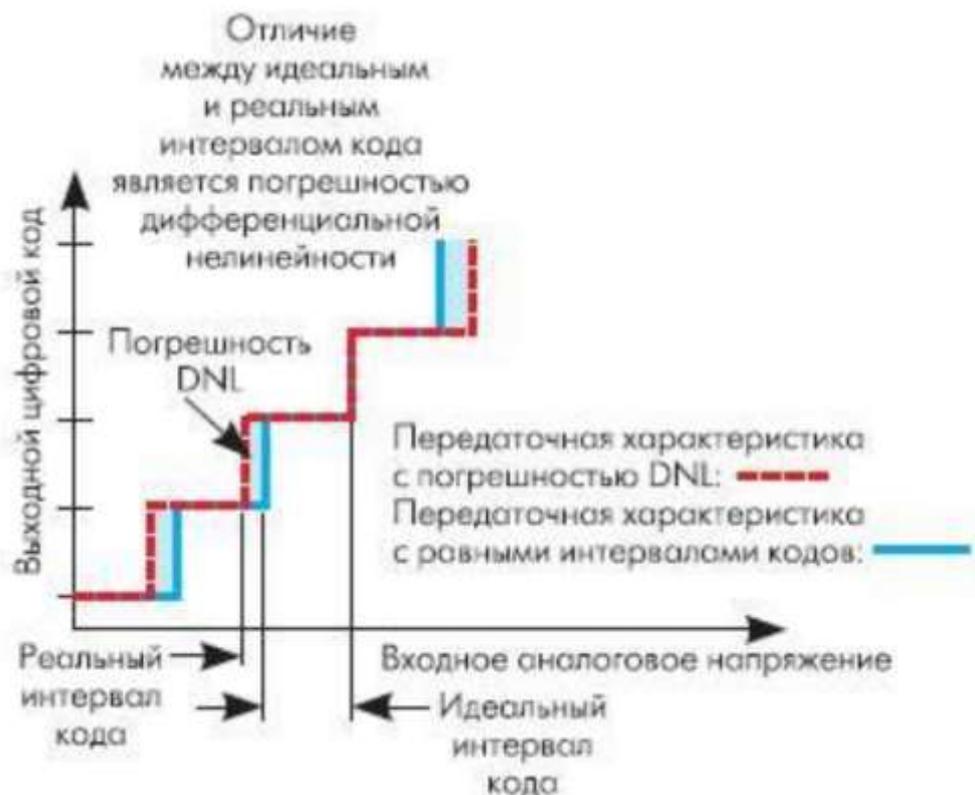


Рисунок 1.9 – Дифференциальная нелинейность

Величина наименьшего значащего разряда у АЦП составляет $U_{\text{ref}} / 2^N$, где U_{ref} - опорное напряжение, N - разрешение АЦП. Разность напряжений между каждым кодовым переходом должна быть равна величине LSB. Отклонение этой разности от LSB определяются как дифференциальная нелинейность. На рисунке 1.9 это показано как неравные промежутки между "шагами" кода или как "размытость" границ переходов на передаточной характеристике АЦП [17].

1.6.4 Интегральная нелинейность

Интегральная нелинейность (INL - integral non-linearity) – это погрешность, которая вызывается отклонением линейной функции передаточной характеристики АЦП от прямой линии, как показано на рисунке 1.10. Обычно передаточная функция с интегральной нелинейностью аппроксимируется прямой линией по методу наименьших квадратов. Часто

аппроксимирующей прямой просто соединяют наименьшее и наибольшее значения.

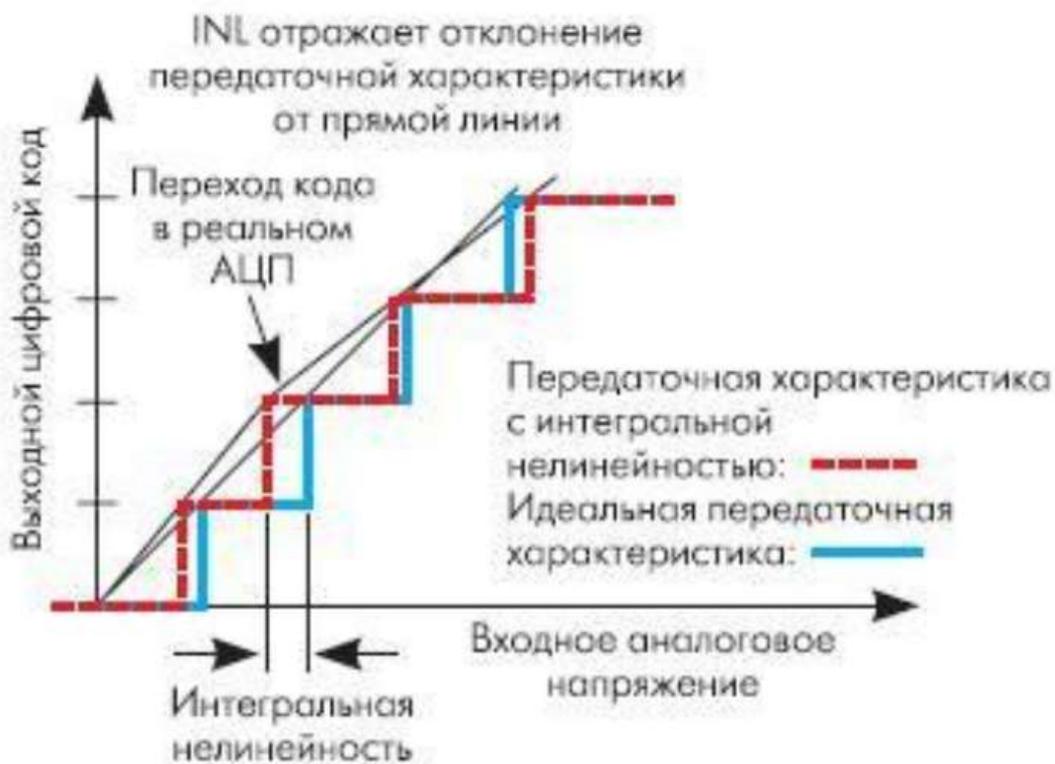


Рисунок 1.10 – Интегральная нелинейность

Интегральную нелинейность определяют путем сравнения напряжений, при которых происходят кодовые переходы. Для идеального АЦП эти переходы будут происходить при значениях входного напряжения, точно кратных LSB. Для реального преобразователя это условие может выполняться с погрешностью. Разность между "идеальными" уровнями напряжения, при которых происходит кодовый переход, и их реальными значениями выражается в единицах LSB и называется интегральной нелинейностью[18].

1.6.5 Погрешность квантования

Одна из наиболее существенных составляющих ошибки при измерениях с помощью АЦП - погрешность квантования, которая является результатом самого процесса преобразования. Погрешность квантования -

это погрешность, вызванная значением шага квантования и определяемая как половина величины наименьшего значащего разряда (LSB). Она не может быть исключена в аналого-цифровых преобразованиях, так как является неотъемлемой частью процесса преобразования, определяется разрешающей способностью АЦП и не меняется от АЦП к АЦП с равным разрешением[18].

Можно сделать вывод, что в преобразователях постоянного тока существуют четыре погрешности: погрешность смещения, погрешность усиления и два вида ошибок линейности (дифференциальная и интегральная).

1.7 Случайная и систематическая погрешности, грубые погрешности

В зависимости от характера проявления различают систематическую и случайную составляющие погрешности измерений, а также грубые погрешности.

Грубые погрешности (промахи) возникают из-за ошибочных действий оператора, неисправности СИ или резких изменений условий измерений, например, внезапное падение напряжения в сети электропитания. К ним тесно примыкают промахи – погрешности, зависящие от наблюдателя и связанные с неправильным обращением со средствами измерений.

Систематическая погрешность измерения – это составляющая погрешности результата измерений, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины [19].

Считается, что систематические погрешности могут быть обнаружены и исключены. Однако в реальных условиях полностью исключить систематическую составляющую погрешности измерения невозможно.

Всегда остаются какие-то факторы, которые нужно учитывать, и которые будут составлять неисключенную систематическую погрешность.

Случайная погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерений, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины [20].

Для уменьшения случайной составляющей погрешности проводят многократные измерения [21].

При однократных измерениях обнаружить промах не представляется возможным. Для уменьшения вероятности появления промахов измерения проводят два-три раза и за результат принимают среднее арифметическое полученных отсчетов. При многократных измерениях для обнаружения промахов используют статистические критерии, предварительно определив, какому виду распределения соответствует результат измерений.

Содержит ли результат наблюдений грубую погрешность, решается общими методами проверки статистических гипотез. Проверяемая гипотеза утверждает, что результат наблюдения x_i не содержит грубой погрешности, т.е. является одним из значений измеряемой величины. Пользуясь определенными статистическими критериями, пытаются опровергнуть выдвинутую гипотезу. Если это удастся, то результат наблюдений рассматривают как содержащий грубую погрешность и его исключают.

Для выявления грубых погрешностей задаются вероятностью уровнем значимости того, что сомнительный результат действительно мог иметь место в данной совокупности результатов измерений.

Критерий "трех сигм" применяется для результатов измерений, распределенных по нормальному закону. По этому критерию считается, что результат, возникающий с вероятностью $q < 0,003$, маловероятен и его можно считать промахом, если $|x - x_i| > 3S_x$, где S_x — оценка СКО измерений.

Величины x и S_x вычисляют без учета экстремальных значений x_i . Данный критерий надежен при числе измерений $n > 20 \dots 50$.

Как правило этот критерий считается слишком жестким, поэтому рекомендуется назначать границу цензурирования в зависимости от объема выборки: при $100 < n < 1000$ - $4,5 S_x$; при $1000 < n < 10000$ - $5 S_x$. Данное правило также применимо только для нормального закона [19].

Важность систематической погрешности определяется тем, что это знание позволяет ввести соответствующую поправку в результат измерения и тем самым повысить его точность. Трудность же состоит в сложности обнаружения систематической погрешности, поскольку ее невозможно выявить путем повторных измерений (наблюдений).

Действительно, будучи постоянной по величине для данной группы наблюдений, систематическая погрешность никак визуально не проявится при повторных измерениях одной и той же величины и, следовательно, оператор затруднится ответить на вопрос — имеется ли систематическая погрешность в наблюдаемых результатах. Таким образом, чтобы обнаружить постоянную систематическую погрешность в работе было использовано образцовое средство измерения (ОСИ) – вольтметр В7-46/1 и источник образцового напряжения ГС-50.

1.8 Методы повышения точности измерений за счет устранения различных видов погрешностей

В ряде случаев добиться уменьшения систематических погрешностей можно, выбрав более совершенное (точное) средство измерения (СИ). Такой метод повышения точности измерений носит название: **замена менее точного СИ на наиболее точное (приобретение или разработка специальных СИ)**. Он эффективен при доминирующих инструментальных составляющих погрешности измерений. Для достоверной оценки реального выигрыша в точности измерений характеристики погрешности того СИ, которое предполагается заменить, и того, которое предполагается

использовать, должны быть выражены в сопоставимой форме. Такой формой может служить, например, класс точности СИ.

Уменьшения относительной погрешности можно добиться, выбрав СИ, для которых нормированы приведенные погрешности с таким верхним пределом измерений, чтобы ожидаемые значения измеряемой величины (показания) находились в последней трети диапазона измерений.

Если же доминируют дополнительные погрешности СИ, которые вызваны существенными отклонениями действительных значений внешних влияющих величин от их значений, принятых соответствующими нормативными документами в качестве нормальных, то применяют другой способ повышения точности измерений. Он называется **ограничение условий применения СИ**. Существенное ограничение условий эксплуатации СИ и связанное с этим уменьшение различных дополнительных погрешностей характерно для помещений так называемых центральных пунктов управления (ЦПУ) производствами с помощью различных автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). В таких помещениях специальные кондиционеры поддерживают в узких интервалах температуру и влажность воздуха, а специальные электромагнитные экраны защищают от воздействия электромагнитных полей.

Индивидуальная градуировка СИ - способ повышения точности измерений, который эффективен при доминирующих систематических составляющих погрешности СИ. Индивидуальную градуировку шкал осуществляют в тех случаях, когда статическая характеристика прибора нелинейна или близка к линейной, но характер изменения систематической погрешности в диапазоне измерения случайным образом меняется от прибора к прибору данного типа (например, вследствие разброса нелинейности характеристик чувствительного элемента) так, что регулировка не позволяет уменьшить основную погрешность до пределов ее допускаемых значений.

Градуировка СИ представляет собой процесс нанесения отметок на шкалы СИ, а также определение значений измеряемой величины, соответствующих уже нанесенным отметкам для составления градуировочных кривых или таблиц.

Систематическая погрешность может быть значительно снижена путем внесения в результаты измерений поправок, полученных при индивидуальной градуировке. Этот способ может быть успешно применен в информационно-измерительных системах (ИИС) и АСУТП.

Если при измерениях используются преобразователи электрических и неэлектрических величин, то для автоматической коррекции погрешности ряда таких преобразователей применяют **метод обратного преобразования**.

Для реализации этого метода используют обратный преобразователь, реальная статическая функция преобразования которого совпадает с функцией, обратной номинальной характеристике преобразования СИ. Этот метод эффективен только в том случае, если обратный преобразователь значительно точнее прямого преобразователя.

На вход обратного преобразователя подают реальный выходной сигнал СИ. Разность двух сигналов (входной сигнал средства измерений минус выходной сигнал обратного преобразователя) соответствует погрешности СИ и может быть использована для выработки корректирующего сигнала как в системе самонастройки, так и в системе введения поправок. Обратный преобразователь в данном методе играет роль как бы многозначной меры, по которой корректируется статическая характеристика прямого преобразователя. Метод обратного преобразования позволяет уменьшать в зависимости от используемого алгоритма коррекции аддитивную и мультипликативную погрешности СИ.

Метод сравнения с мерой основан на том, что размер измеряемой физической величины сравнивают с помощью компаратора с размером физической величины, воспроизводимой мерой, а искомое экспериментальное значение физической величины рассчитывают по

полученным значениям показаний компаратора и номинальному значению меры. Применение этого метода является одним из наиболее эффективных способов уменьшения составляющей погрешности измерений, вызванной систематической погрешностью СИ. Рассмотрим разновидности метода сравнения.

Метод замещения - метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Метод противопоставления заключается в том, что об отличии сравниваемых размеров физических величин (массы, электрического сопротивления, электрической емкости, индуктивности и др.) судят по показанию специального двухканального компаратора, на оба входа которого сравниваемые физические величины действуют одновременно. Обусловленная не симметрией компаратора составляющая погрешности измерений часто является доминирующей. Она может быть уменьшена методом противоположного влияния.

Метод компенсации погрешности по знаку заключается в следующем. Процесс измерения строится таким образом, что при выполнении двух наблюдений погрешность входит в первый результат с одним знаком, а во второй - с другим. При этом среднее арифметическое полученных результатов характеризуется минимальной погрешностью.

Метод рандомизации - наиболее универсальный способ исключения неизвестных постоянных систематических погрешностей, который основан на принципе перевода систематических погрешностей в случайные. При этом выполняют ряд наблюдений, изменяя условия или процедуру измерений таким образом, что фактор, вызывающий данную известную погрешность, изменяется случайным образом.

Например, одна и та же величина измеряется различными методами или приборами. Систематические погрешности каждого из них для всей совокупности носят случайный характер. При увеличении числа

используемых методов или приборов известные систематические погрешности взаимно компенсируются

Существуют различные методы устранения систематической погрешности, такие как: метод противопоставления, метод сравнения, метод рандомизации, метод симметричных наблюдений и графический метод. Однако только методом сравнения с источником образцового напряжения можно обнаружить систематическую погрешность.

В первом разделе работы проведен анализ литературных источников для изучения типичной конструкции цифрового осциллографа, определены основные факторы, которые обуславливают появление случайной и систематической составляющей погрешности измерения напряжения цифровым осциллографом. Выявлено, что основным источником систематической погрешности в осциллографе является аналогово-цифровой преобразователь, поскольку в нём происходит наиболее существенное искажение формы сигнала – сигнал квантуется по времени и по уровню. Определены методы минимизации данных составляющих, изучены способы определения систематической погрешности цифрового осциллографа.

2 Планирование эксперимента

Во втором разделе работы был спланирован эксперимент по определению параметров нелинейности амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs, выбраны факторы эксперимента и описан порядок обработки экспериментальных результатов.

2.1 Описание экспериментальной установки

Как описано [22], для калибровки амплитудной характеристики АЦП необходимо иметь тестируемое устройство, образцовое средство измерения – вольтметр и перестраиваемый источник образцового напряжения – генератор.

С генератора подаем заранее заданное значение напряжения переменного тока на измерительные каналы цифрового осциллографа, параллельно соединенного с вольтметром. Фиксируем значение напряжения на вольтметре и записываем в журнал эксперимента. На дисплее осциллографа наблюдаем сигнал и записываем данные о сигнале на USB – накопитель.

В соответствии с предложенной процедурой была составлена схема экспериментальной установки. Она представлена на рисунке 2.1.

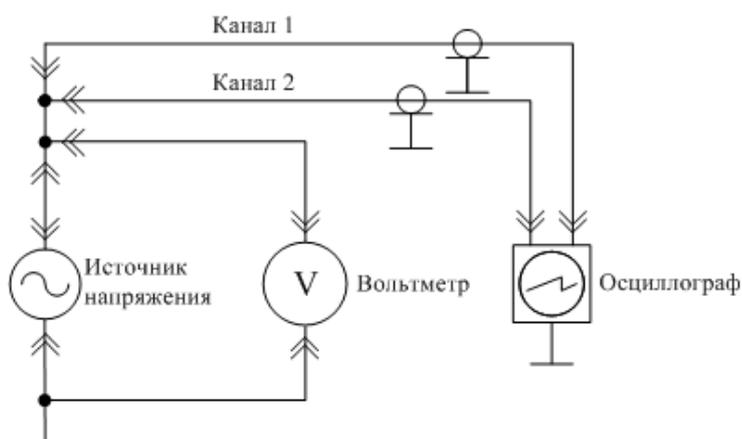


Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки

В состав установки входило следующее оборудование:

- цифровой осциллограф LeCroy WaveSerfer 62Xs (тестируемое устройство);
- генератор прецизионный ГС-50 (источник образцового напряжения переменного тока);
- вольтметр В7-46/1 (образцовое средство измерения);
- набор кабелей для соединения приборов.

Также использовалось следующее программно-аппаратное обеспечение:

- персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows 7;
- программный пакет Microsoft Office;
- язык технического программирования Matlab.

Язык Matlab является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Matlab был использован для численного решения технических задач и визуализации полученных данных [23]. Выбор данного пакета обоснован снижением временных затрат и снижением погрешностей вычислений за счет следующих его преимуществ:

- большой набор встроенных функций;
- высокая точность расчетов благодаря разрядности чисел 64;
- высокая вычислительная производительность (например, до 100 раз быстрее в сравнении с пакетом Mathcad);
- большие возможности читать и сохранять данные любого формата;
- простота языка программирования.

Осциллограф цифровой LeCroy WaveSurfer 62Xs предназначен для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения на жидкокристаллическом индикаторе и измерения их амплитудных и временных характеристик.

Основные технические характеристики цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs

Характеристика	Значение
Полоса пропускания (уровень -3 дБ), МГц $R_{вх} = 50 \text{ Ом}$ $R_{вх} = 1 \text{ МОм}$	600 500
Время нарастания переходной характеристики, пс, не более $R_{вх} = 50 \text{ Ом}$ (K_0 от 10 мВ/дел до 1 В/дел) $R_{вх} = 1 \text{ МОм}$ (K_0 от 10 мВ/дел до 10 В/дел)	580 70
Количество каналов	2
Максимальная частота дискретизации (F) в однократном режиме, отсчет/с	$2,5 \cdot 10^9$
Входное сопротивление переключаемое, Ом	$50/1 \cdot 10^6$
Диапазон коэффициента отклонения (K_0) на нагрузке 50 Ом на нагрузке 1 МОм	От 2 мВ/дел до 1 В/дел От 2 мВ/дел до 10 В/дел

Продолжение таблицы 2.1

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока (U), мВ	$\pm(1,5*10^{-2}*8*K_0+2)$, где 8 – количество делений по вертикали
количество точек внутренней памяти (K _т)	до 10*10 ⁶
Диапазон коэффициента развертки (K _р)	от 200 пс/дел до 1000 с/дел
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов, с	$\pm(5*10^6*T_{изм})$, где T _{изм} – измеренное значение в с
Питание от сети переменного тока: Напряжение Частота Напряжение Частота	От 90 до 264 (В) От 47 до 63 (Гц) От 90 до 132 (В) От 380 до 420 (Гц)
Потребляемая мощность, ВА, не более	300

В данной работе также используется универсальный вольтметр В7-46/1. В таблице 2.2 представлены технические характеристики данного вольтметра.

Таблица 2.2 – Технические характеристики вольтметра В7-46/1

Характеристика	Значение
Диапазоны измерения:	
постоянного напряжения	100 нВ - 1000 В (20, 200 мВ, 2, 20, 200, 1000 В)
переменного напряжения:	до 700 В (200 мВ, 2, 20, 200, 700 В в диапазоне 20 Гц - 1 МГц)

Продолжение таблицы 2.2

постоянного тока:	100 нА - 2 А, до 10 А (с внешним шунтом)
переменного тока:	1 нА - 2 А, до 10 А (с внешним шунтом)
сопротивления:	до 200 МОм
Пределы основной погрешности измерения, %:	
постоянного напряжения:	$\pm(0,01-0,03)$;
переменного напряжения:	$\pm(0,15-5)$;
постоянного тока:	$\pm(0,1-0,15)$, до $\pm 0,4$ (с шунтом)
переменного тока:	$\pm(0,6-2)$
сопротивления:	$\pm(0,015-0,3)$

Генератор сигналов прецизионный ГС-50 представляет собой источник синусоидального сигнала с прецизионной формой волны и предназначен для исследования, настройки и испытания систем и приборов, используемых в радиоэлектронике, связи, вычислительной и измерительной технике, приборостроении.

Технические характеристики генератора прецизионного ГС-50 перечислены ниже.

1. Прибор обеспечивает установку частоты выходного сигнала в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц.

Установка частоты осуществляется дискретно на четырех поддиапазонах:

- 10-100 Гц через 1 Гц – 1 поддиапазон;
- 100-1000 Гц через 10 Гц – 2 поддиапазон;
- 1000-10000 Гц через 100 Гц – 3 поддиапазон;
- 10000-100000 Гц через 1000 Гц – 4 поддиапазон.

2. Основная погрешность дискретной установки частоты не превышает:

$\pm 1\%$ в диапазоне частот от 10 до 10 кГц на 1, 2, и 3 поддиапазонах;

$\pm 1,5\%$ в диапазоне частот от 10 до 10 кГц на 4 поддиапазоне.

3. Дополнительная погрешность дискретной установки частоты, обусловленная изменением температуры окружающей среды на каждые $10\text{ }^\circ\text{C}$ в диапазоне рабочих температур, не превышает $\pm 3 \cdot 10^{-3} f_0$, где f_0 – номинальное значение установленной частоты, Гц.

4. Запас в начале и в конце диапазона и перекрытие между поддиапазонами не менее значения основной погрешности дискретной установки частоты.

5. Плавная расстройка частоты в пределах дискретности не менее:

$\pm 1,2$ Гц в диапазоне 10-100 Гц (1 поддиапазон);

± 12 Гц в диапазоне 100-1000 Гц (2 поддиапазон);

± 120 Гц в диапазоне 100-10000 Гц (3 поддиапазон);

± 1200 Гц в диапазоне 10000-100000 Гц (4 поддиапазон);

6. Нестабильность частоты прибора при дискретной установке частоты не превышает:

$\pm 1 \cdot 10^{-3} f_0$ за любые 15 мин. работы;

$\pm 5 \cdot 10^{-3} f_0$ за любые 3 часа работы после установления рабочего режима.

7. Наибольшее значение уровня выходного напряжения на выходе “0” не менее:

– 10 В при подключенной нагрузке (600 ± 6) Ом (несогласованный выход);

– 5 В при подключенной нагрузке (600 ± 6) Ом (несогласованный выход).

8. Плавная регулировка выходного напряжения относительно наибольшего значения уровня выходного напряжения осуществляется до уровня минус 12 дБ.

9. В приборе на выходе “0⁰” предусмотрена ступенчатая регулировка уровня выходного напряжения.

Регулировка осуществляется с помощью встроенного аттенюатора с ослабление до 60 степенями через 10 дБ.

Погрешность установки ослабления встроенного аттенюатора во всем диапазоне частот не превышает $\pm 0,2$ дБ.

10. В приборе предусмотрена выносная нагрузка 600 Ом.

11. Нестабильность уровня выходного напряжения не превышает 0,3% за любые 3 часа работы после установления рабочего режима.

12. Изменение уровня выходного напряжения на выходе “0⁰” от изменения температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С в интервале рабочих температур не превышает 0,3 %.

13. Неравномерность уровня выходного напряжения на выходе “0⁰” в диапазоне частот относительно уровня выходного напряжения на частоте 1 кГц не превышает:

$\pm 1,0$ % в диапазоне частот от 10 до 20 Гц;

$\pm 0,5$ % в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц.

14. Коэффициент гармоник выходного сигнала не превышает:

$\pm 0,0003$ % в диапазоне частот от 10 до 20 Гц (1 поддиапазон);

$\pm 0,0002$ % в диапазоне частот от 20 Гц до 10 кГц (1, 2, 3 поддиапазоны);

$\pm 0,0003$ % в диапазоне частот от 10 до 20 кГц (4 поддиапазон);

$\pm 0,003$ % в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц (4 поддиапазон).

15. Наибольшее значение уровня составляющих с частотой питающей сети и ее гармоник относительно установленного уровня выходного напряжения не превышает 0,0002 %.

16. Наибольшее значение постоянной составляющей выходного сигнала на выходе “0⁰” прибора при подключенной нагрузке (600 ± 6) Ом и наибольшем уровне выходного напряжения 10 В не превышает ± 10 мВ.

17. Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм, по истечению времени установления рабочего режима равного 15 мин.

18. Прибор сохраняет свои технические характеристики при питании его от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В, частотой $(50 \pm 1,0)$ Гц с коэффициентом гармоник до 5 % и напряжением (220 ± 11) В, частотой (400 ± 10) Гц с коэффициентом гармоник до 5 %.

19. Мощность, потребляемая прибором от сети питания при номинальном напряжении, не превышает 20 ВА.

20. Масса, не более:

Генератор 5 кг.

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Внешний вид экспериментальной установки

2.2 Планирование эксперимента

Поскольку цифровой осциллограф LeCroy WaveSurfer 62Xs имеет диапазон развертки **по горизонтали от 200 пс до 1 кс на клетку** (200 пс; 500 пс; 1 нс; 2 нс; 5 нс; 10 нс; 20 нс; 50 нс; 100 нс; 200 нс; 500 нс; 1 мкс; 2 мкс; 5 мкс; 10 мкс; 20 мкс; 50 мкс; 100 мкс; 200 мкс; 500 мкс; 1 мс; 2 мс; 5 мс; 10 мс; 20 мс; 50 мс; 100 мс; 200 мс; 500 мс; 1 с; 2 с; 5 с; 10 с; 20 с; 50 с; 100 с; 200 с; 500 с; 1 кс), **по вертикали от 2 мВ до 10 В на клетку** (2 мВ; 5 мВ; 10 мВ; 20 мВ; 50 мВ; 100 мВ; 200 мВ; 500 мВ; 1 В; 2 В; 5 В; 10 В), имеет возможность установки **объема выборки на экран от 500 значений до $2,5 \cdot 10^6$ значений** (500; $1 \cdot 10^3$; $10 \cdot 10^3$; $100 \cdot 10^3$; $500 \cdot 10^3$; $1 \cdot 10^6$; $2,5 \cdot 10^6$), то эксперимент является многофакторным и имеет **3276 вариантов** измерений. Проведение такого эксперимента противоречит принципу планирования эксперимента, а именно отказ от полного перебора всех возможных значений входных факторов. Таким образом, необходимо ограничить факторность эксперимента.

Первым фактором, который мы учитываем при проведении эксперимента, является то, на какой канал мы подаем сигнал. У цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs имеется два канала, мы будем учитывать взаимодействие каналов, следовательно, будем подавать сигнал на оба канала одновременно.

Вторым фактором является развертка по вертикали. Выбираем два варианта, которые учитывают максимальные возможности генератора прецизионного ГС-50 и максимальную чувствительность цифрового осциллографа. Каждому из двух вариантов будет соответствовать только один вариант развертки по вертикали, при котором сигнал будет занимать максимально возможную область экрана. В первом варианте мы выбираем, исходя из максимальных возможностей генератора, значение 5,5 В действительного значения, которому соответствует развертка по вертикали – 2 В на клетку. Во втором варианте, учитывая максимальную

чувствительность цифрового осциллографа выбираем значение 20 мВ на клетку, которому соответствует 40 мВ действительного значения генератора.

Третьим фактором является объем выборки цифрового осциллографа (шаг квантования). Выбираем два варианта. Первый вариант – это максимально возможный объем выборки – $2,5 \cdot 10^6$ значений, второй вариант, ограниченный практическими целями, – $100 \cdot 10^3$ значений.

И последним, четвертым фактором, является развертка по горизонтали, то есть временная развертка. Развертка по горизонтали зависит от того, какую частоту будет иметь сигнал, который подается на вход цифрового осциллографа. Определенной частоте будет соответствовать только один вариант развертки по горизонтали, при котором возможно будет увидеть 20 целых периодов сигнала, которые необходимы для дальнейшей обработки сигнала. Выбираем две частоты. Первая частота учитывает максимальные возможности генератора – 100 кГц, которой соответствует значение развертки по горизонтали – 20 мкс на клетку. Для второго варианта выберем одну из более низких частот, чтобы была возможность увидеть низкочастотные шумы – 1 кГц, которой соответствует значение развертки – 2 мс на клетку.

Таким образом, выделено несколько факторов, которые мы учитываем при проведении эксперимента и для каждого фактора определены состояния, в которых они могут находиться:

1. Канал, на который подается сигнал:
 - Состояние А – 1 и 2 канал вместе.
2. Развертка по вертикали:
 - Состояние А – 2 В на клетку;
 - Состояние Б – 20 мВ на клетку.
3. Объем выборки (шаг квантования):
 - Состояние А – $2,5 \cdot 10^6$ значений;
 - Состояние Б – $100 \cdot 10^3$ значений.
4. Развертка по горизонтали:

- Состояние А – 20 мкс на клетку;
- Состояние Б – 2 мс на клетку.

Матрица эксперимента с учетом вышесказанных параметров представлена в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Матрица эксперимента

Наименование фактора							Номер опыта
Канал, на которые подаем сигнал	Развертка по вертикали		Объем выборки		Развертка по горизонтали		
Состояние	Состояние		Состояние		Состояние		
А	А	Б	А	Б	А	Б	
+	+	-	+	-	+	-	1
+	+	-	+	-	-	+	2
+	+	-	-	+	+	-	3
+	+	-	-	+	-	+	4
+	-	+	+	-	+	-	5
+	-	+	+	-	-	+	6
+	-	+	-	+	+	-	7
+	-	+	-	+	-	+	8

Таким образом, мы ограничили факторность эксперимента. С учетом этого общее количество опытов составит 8.

Журнал эксперимента представлен в Приложении Д.

Эксперимент будет проводиться в нормальных условиях, согласно [9, 14]:

- температура (293 ± 5) К или (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) % при 20 °С;
- напряжение в сети $220 \text{ В} \pm 10 \%$ с частотой $50 \text{ Гц} \pm 1 \%$;
- атмосферное давление от 97,4 до 104 кПа.

2.3 Порядок обработки экспериментальных данных

2.3.1 Алгоритм обработки экспериментальных данных

В соответствии с целями и задачи был сформулирован следующий алгоритм обработки экспериментальных данных:

1. Загрузка данных.

2. Моделирование образцовых сигналов

- подбираем наиболее подходящего образцового сигнала (образцовая синусоида);
- формируем массив времен для образцового сигнала на основе загруженных данных;
- формируем массив частот для образцового сигнала;
- формируем массив начальных фаз;
- формируем массив из элементов амплитуд экспериментальных сигналов;
- по временам, амплитудам и фазам, взятым из массивов, рассчитываем синусоиду.

2. Определение параметров образцового сигнала

- *Определение истинных значений начальных фаз и частоты методом наименьших квадратов.*
- Итерационным методом – методом деления отрезка пополам ищем минимальную невязку экспериментальных данных и данных образцового сигнала, меняя начальную фазу сигнала;
- Итерационным методом – методом деления отрезка пополам ищем минимальную невязку экспериментальных данных и данных образцового сигнала, меняя частоту сигнала;
- *Итог: известные начальные фазы и частоты для образцового сигнала.*

3. Минимизация случайной составляющей погрешности

- *Делим экспериментальный сигнал на целое число периодов.*
- Рассчитаем период образцового сигнала;
- Сравниваем длительность экспериментального сигнала с 20 периодами образцового сигнала;
- Определяем длину выборки, соответствующую 20 периодам образцового сигнала и сравниваем с длиной выборки экспериментального сигнала;

- Если длина экспериментального сигнала больше, то фиксируем число периодов 20, если меньше, то 19;
- Определяем длину выборку образцового сигнала, соответствующую одному периоду (действительное число);
- Округляем длину выборку образцового сигнала до минимального целого;
- В цикле осуществляем поэлементное суммирование массивов экспериментальных данных с шагом, равном длине выборки одного периода;
- Итог делим на число периодов (19 либо 20);
- *Итог: получили период экспериментального сигнала с минимизированной случайной составляющей погрешности.*

4. Расчет таблицы поправок

- *Определение таблицы поправок:*
- Из значений экспериментального сигнала отнимаем поэлементно значения образцового сигнала;
- Формируем таблицу: две колонки, в первой – данные экспериментального сигнала (шкалы прибора), во второй – значение поправки;
- Сортируем полученный массив по возрастанию первой колонки – данных шкалы прибора;
- *Итог: таблица поправок в вольтах.*
- *Получение приведенной погрешности:*
- Полученную таблицу поправок делим на соответствующее значение полной шкалы и умножаем на 100 %;
- *Итог: таблица приведенных поправок по полной шкале.*

5. Вычисление систематической составляющей погрешности

Ищем пути определения погрешности:

- стандартное отклонение;
- из всей последовательности экспериментального сигнала вычитаем соответствующие им значения образцового сигнала;
- из каждого периода полученной последовательности вычитаем неотсортированные значения поправки для периода;
- для полученного числового ряда рассчитываем мат. ожидание и стандартное отклонение в вольтах;
- поделив на значение полной шкалы и умножив на 100%, получаем значения поправок в %;

Итог: значения систематической погрешности в вольтах и процентах.

6. Сопоставление (анализ) полученных результатов

- Критерий сравнения
- Оцениваем близость формы графиков. Отообразим все кривые на одном графике. По горизонтальной оси – нормированное к полной шкале значение показаний осциллографа, по вертикальной оси – приведенные поправки с интервалом погрешности;
- Выделить близкие графики в пределах погрешности;
- На основе этих графиков составить таблицу влияющих и не влияющих факторов;

7. Итог анализа: выявлено влияние факторов эксперимента (параметров осциллографа) на систематическую погрешность измерительного канала напряжения.

2.3.2 Получение таблиц поправок

Для получения таблицы поправок, требуется обратиться к формулам абсолютной и относительной погрешности.

Абсолютную погрешность рассчитываем по формуле:

$$\Delta = x - x_{\text{ист}}, \quad (2.1)$$

где x – значение сигнала с осциллографа;

$x_{\text{ист}}$ – значение образцовой синусоиды, смоделированной в Matlab.

В таком случае для построения таблицы поправок в относительных единицах (процентах) воспользуемся формулой приведенной погрешности:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

где x_N – предел шкалы осциллографа;

Тогда рассчитав математическое ожидание, можем построить таблицу поправок и построить график, где по горизонтальной оси координат будет значение математического ожидания, по вертикали – значение абсолютной погрешности.

Можно увидеть, что погрешность экспериментальных значений, снятых с вольтметра составляет десятки тысячных процента.

Далее расположим по оси абсцисс значения математического ожидания измерений осциллографа, а по оси ординат – значения приведенной погрешности.

Во втором разделе работы была описана процедура эксперимента, выбрана структурная схема экспериментальной установки, определен состав используемого экспериментального оборудования. Приведены технические характеристики используемых приборов. Приведены рассуждения, лежащие в основе ограничения факторности эксперимента, выбраны конкретные факторы. Описан алгоритм обработки результатов экспериментальных данных.

3 Экспериментальные исследования и анализ их результатов

В данном разделе работы описаны экспериментальные исследования по определению амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа. На основании результатов этих измерений получены таблицы поправок к амплитудным характеристикам измерительных каналов цифрового осциллографа. Также осуществлена статистическая обработка результатов экспериментов, рассчитаны погрешности.

3.1 Получение экспериментальных данных

3.1.1 Порядок проведения эксперимента

В соответствии с описанной в разделе 2.1 работы схемой, была собрана экспериментальная установка, уже приведенная ранее на рисунке 2.2.

Процедура получения экспериментальных результатов, в соответствии с матрицей эксперимента, конкретно реализовывалась в следующей последовательности действий.

Порядок проведения эксперимента:

1. Перед проведением эксперимента ознакомиться с инструкцией по технике безопасности, а также с руководством по эксплуатации всех используемых приборов.

2. Собрать экспериментальную установку (рисунок 2.2) согласно схеме, представленной на рисунке 2.1.

3. Согласно руководству по эксплуатации прогреть приборы в течение 30 минут. Это требуется для установления рабочей точки нелинейных элементов прибора.

4. В USB-гнездо на цифровом осциллографе вставить флеш-накопитель для сохранения показаний каналов осциллографа.

5. В соответствии с матрицей эксперимента (таблица 2.3) установить с помощью органов управления необходимые параметры на генераторе сигналов прецизионном ГС-50 и цифровом осциллографе LeCroy WaveSurfer 62Xs для опыта с номером по порядку, как в матрице эксперимента.

6. Записать в журнал эксперимента (журнал эксперимента представлен в Приложении Д) значение действующего напряжения, снятое с вольтметра универсального В7-46/1.

7. Записать файл с данными сигнала с цифрового вольтметра на флеш-накопитель. Записать имя файла в журнал эксперимента.

8. Сделать скриншот дисплея осциллографа и записать на флеш-накопитель. Записать имя скриншота в журнал эксперимента.

9. Перейти к следующему опыту, повторить п. 5-8

10. Выключить приборы.

11. Журнал эксперимента представлен в Приложении Д.

3.1.2 Первичные результаты эксперимента

При проведении эксперимента в итоге было получено 16 сигналов напряжения переменного тока, по 2 сигнала при каждом опыте, соответствующие различным условиям эксперимента. Для всех опытов всегда были включены оба канала осциллографа одновременно.

Изображения сигналов, полученных на экране осциллографа для экспериментов 3, 4, 7, 8 представлены на рисунках 3.1 – 3.4.

На рисунке 3.1 представлены экспериментальные результаты, полученные для следующих настроек осциллографа и генератора:

- развертка по вертикали – 2 В/дел;
- объем выборки - $100 \cdot 10^3$ значений;

- развертка по горизонтали – 20 мкс/дел;
- частота генератора – 100 кГц;
- действующее значение напряжения генератора – 5,5018 В.

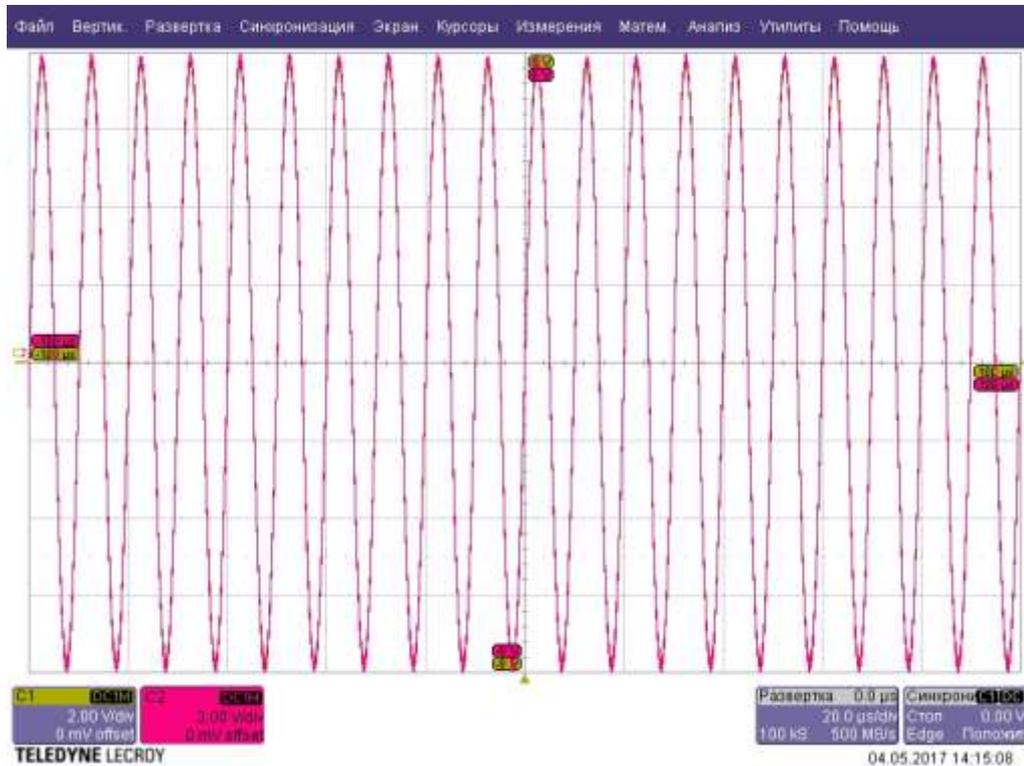


Рисунок 3.1 – Типичный вид экрана осциллографа при проведении эксперимента 3

На рисунке 3.2 представлены экспериментальные результаты, полученные для следующих настроек осциллографа и генератора:

- развертка по вертикали – 2 В/дел;
- объем выборки - $100 \cdot 10^3$ значений;
- развертка по горизонтали – 2 мс/дел;
- частота генератора – 1 кГц;
- действующее значение напряжения генератора – 5,5018 В.

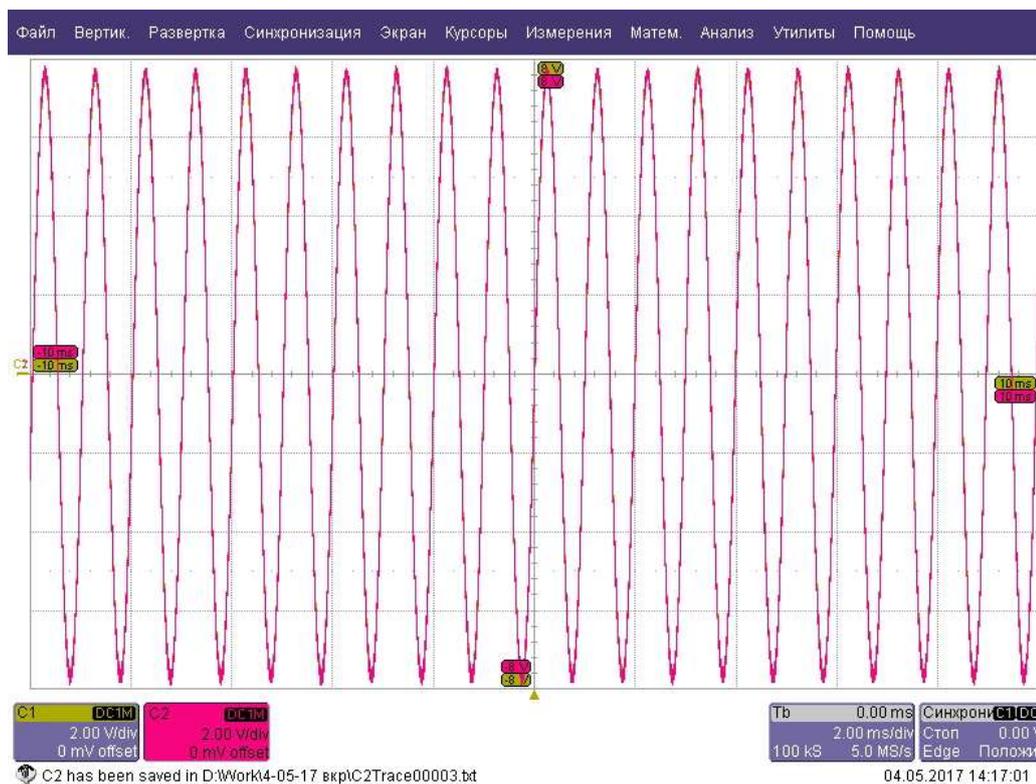


Рисунок 3.2 – Типичный вид экрана осциллографа при проведении эксперимента 4

На рисунке 3.3 представлены экспериментальные результаты, полученные для следующих настроек осциллографа и генератора:

- развертка по вертикали – 20 мВ/дел;
- объем выборки - $100 \cdot 10^3$ значений;
- развертка по горизонтали – 20 мкс/дел;
- частота генератора – 100 кГц;
- действующее значение напряжения генератора – 40,030 мВ.

На рисунке 3.4 представлены экспериментальные результаты, полученные для следующих настроек осциллографа и генератора:

- развертка по вертикали – 20 мВ/дел;
- объем выборки - $100 \cdot 10^3$ значений;
- развертка по горизонтали – 2 мс/дел;
- частота генератора – 1 кГц;
- действующее значение напряжения генератора – 40,021 мВ.



Рисунок 3.3 – Типичный вид экрана осциллографа при проведении эксперимента 7

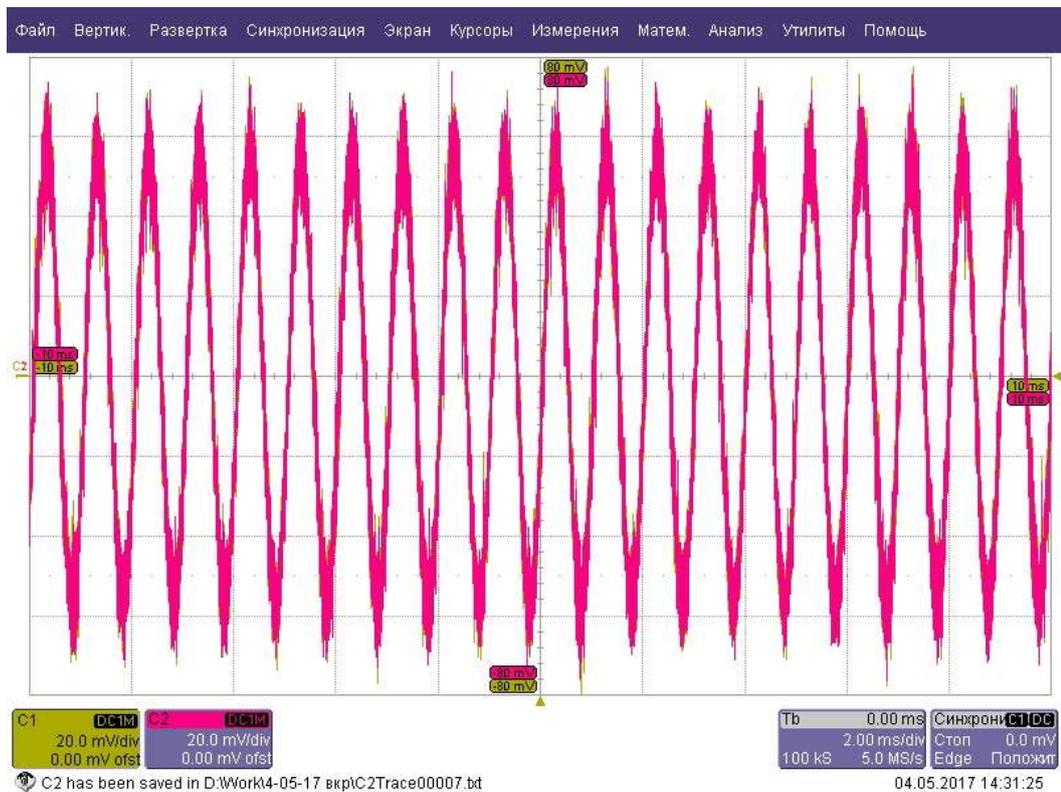


Рисунок 3.4 – Типичный вид экрана осциллографа при проведении эксперимента 8

Согласно порядку проведения эксперимента, данные сигналов сохранены в файлах. Графики, построенные по сохраненным в файлах данным для экспериментов 3, 4, 7, 8, представлены на рисунках 3.5 – 3.8. На графиках по горизонтальной оси отложены мгновенные отсчеты времени, по вертикальной оси – мгновенные отсчеты показаний осциллографа.

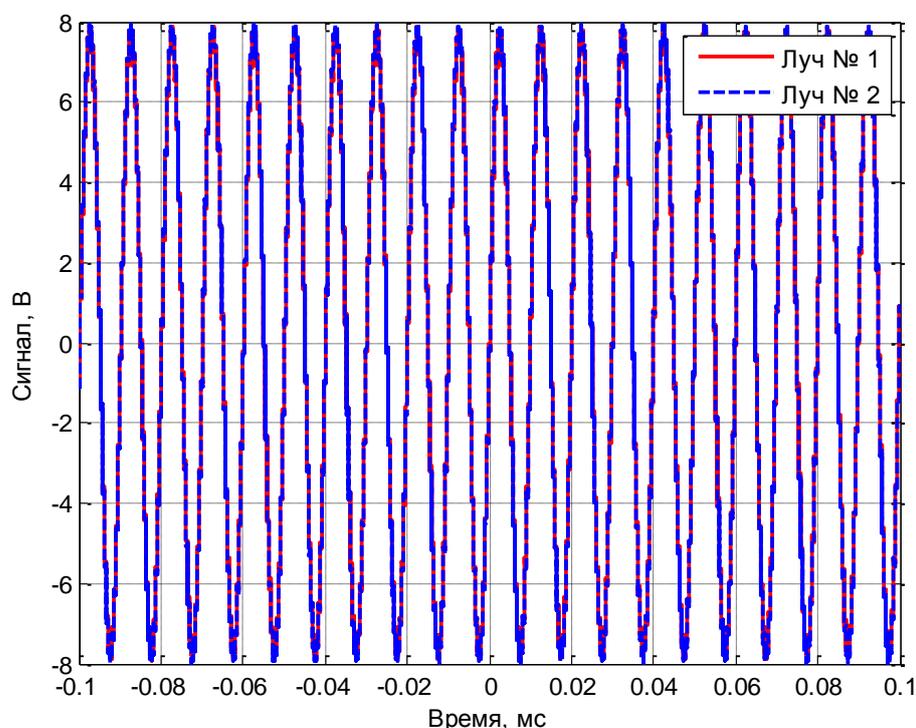


Рисунок 3.5 – Вид сигнала осциллографа при проведении эксперимента 3

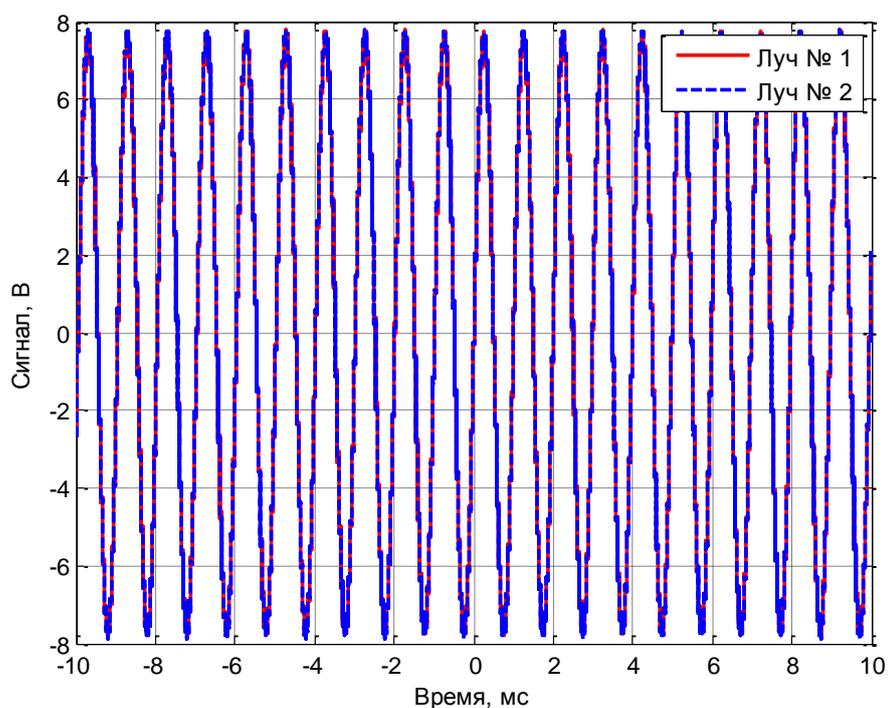


Рисунок 3.6 – Вид сигнала осциллографа при проведении эксперимента 4

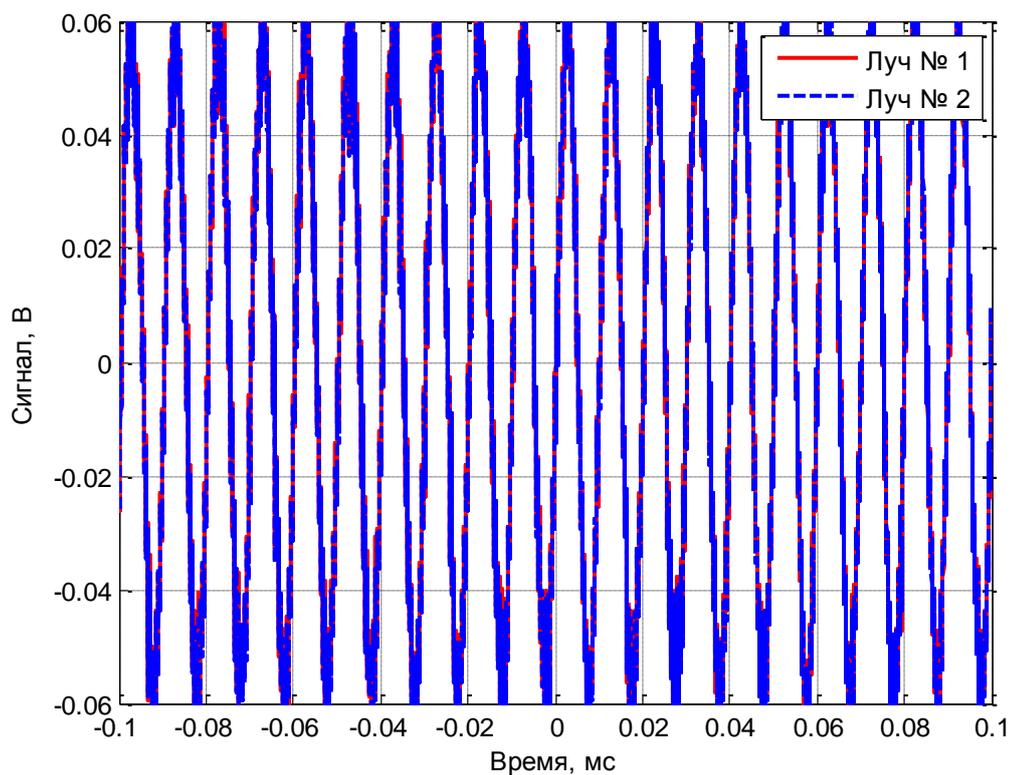


Рисунок 3.7 – Вид сигнала осциллографа при проведении эксперимента 7

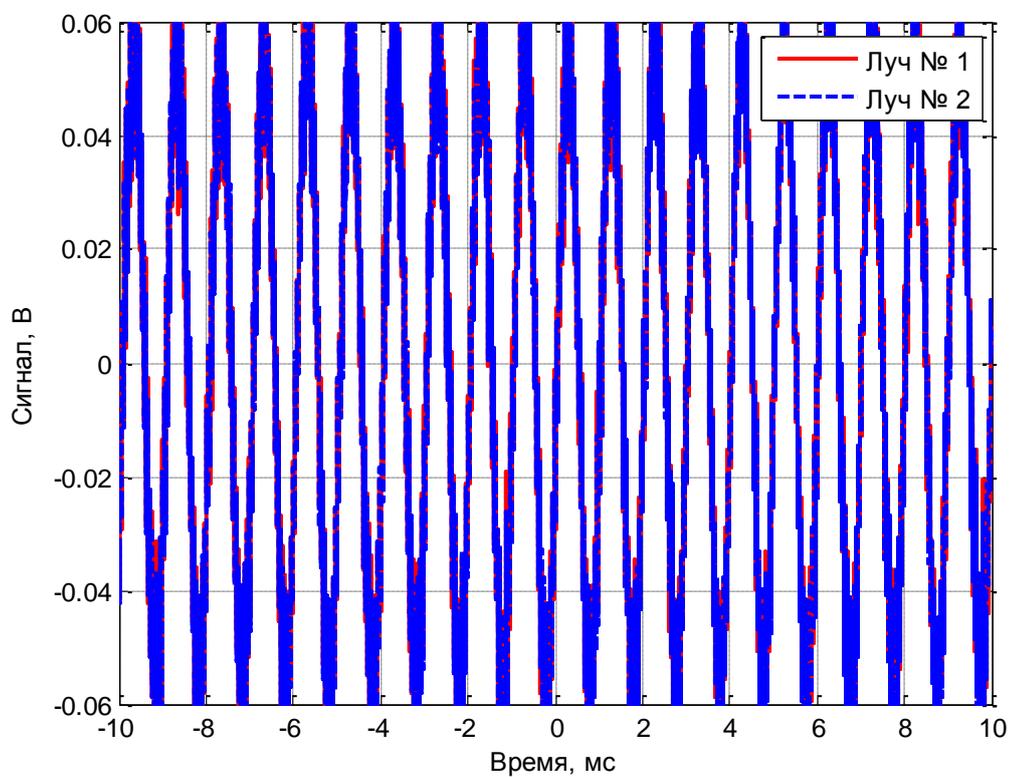


Рисунок 3.8 – Вид сигнала осциллографа при проведении эксперимента 8

Как видно, сигналы на всех представленных графиках зашумлены. То есть содержат случайную составляющую погрешности. Наиболее ярко это видно на рисунках 3.7, 3.8. Здесь вертикальная чувствительность каналов осциллографа составляла 20 мВ/дел, а действующее значение сигнала генератора – порядка 40,024 мВ. При столь малой амплитуде входного сигнала, существенное преобладание шумов естественно. Этот же уровень шумов оказывает гораздо меньшее влияние на предыдущие два графика (рисунки 3.5, 3.6).

3.2 Статистическая обработка результатов эксперимента

Алгоритм, который был использован при обработке экспериментальных данных описан в разделе 2.3 данной работы.

3.2.1 Исключение случайной составляющей погрешности

Как было сказано выше, полученные экспериментальные значения зашумлены и, соответственно, содержат случайные составляющие погрешности.

Были предприняты действия по минимизации случайной составляющей сигналов. С этой целью мы определили длительность одного периода в каждом сигнале. Затем мы выделили по одному периоду и поэлементно их суммировали, поделив полученные значения на число периодов в сумме.

При определении периода сигнала мы использовали подбор параметров образцового сигнала, таких, как – частота и начальная фаза. Подбор параметров осуществлялся посредством итерационного метода – методом деления отрезка пополам искали минимальную невязку

экспериментальных данных и данных образцового сигнала, меняя начальную фазу сигнала и частоту

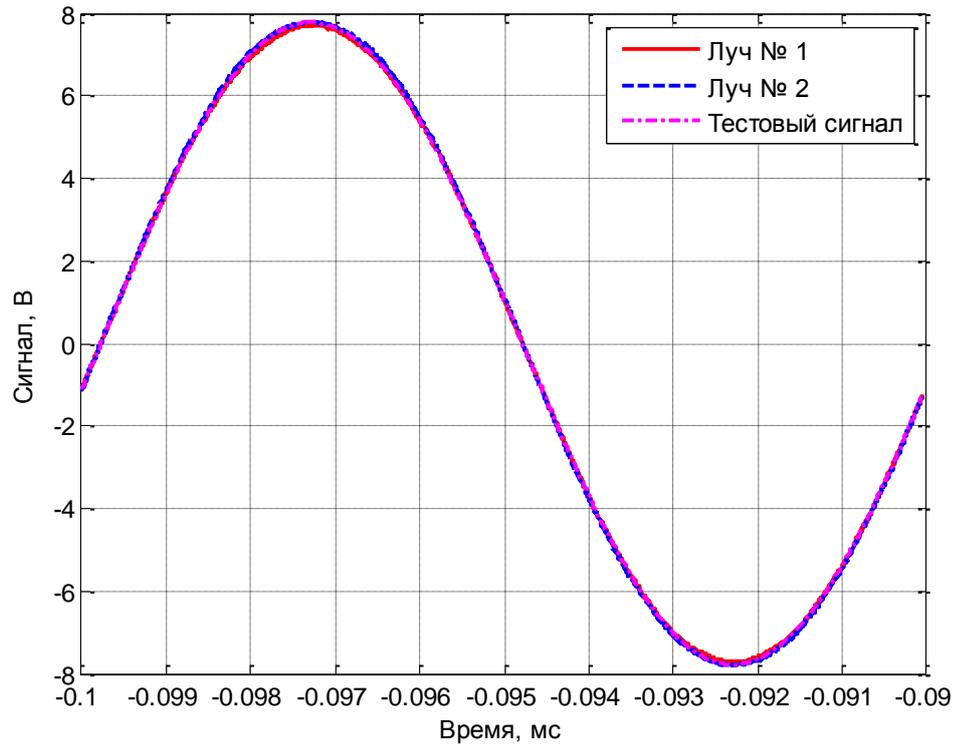


Рисунок 3.9 – Период экспериментального сигнала с минимизированной случайной составляющей погрешности для эксперимента 3

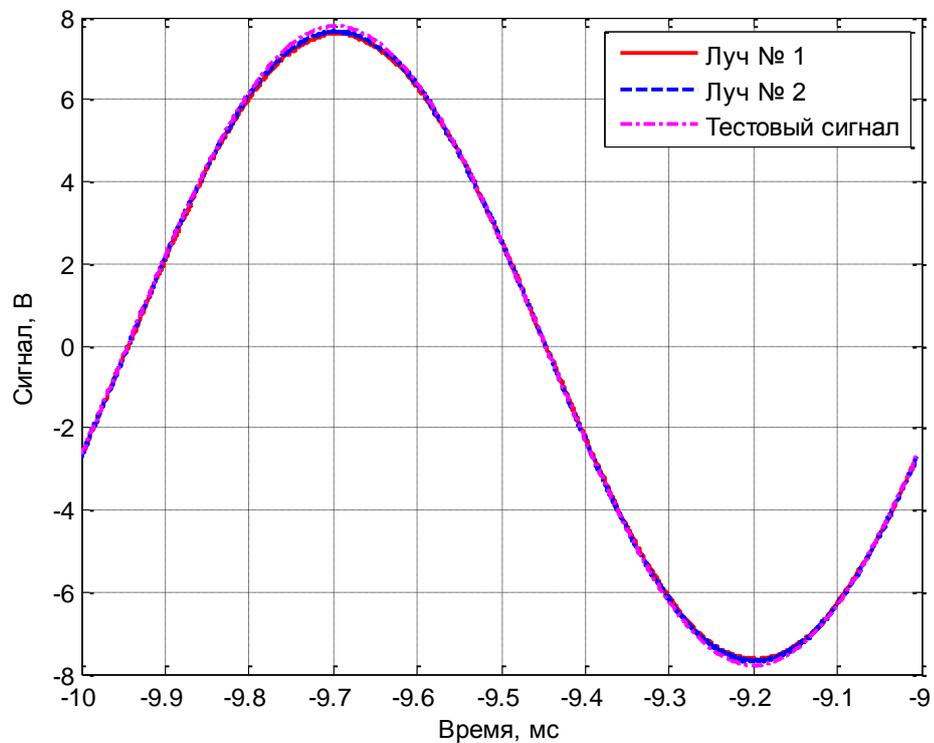


Рисунок 3.10 – период экспериментального сигнала с минимизированной случайной составляющей погрешности для эксперимента 4

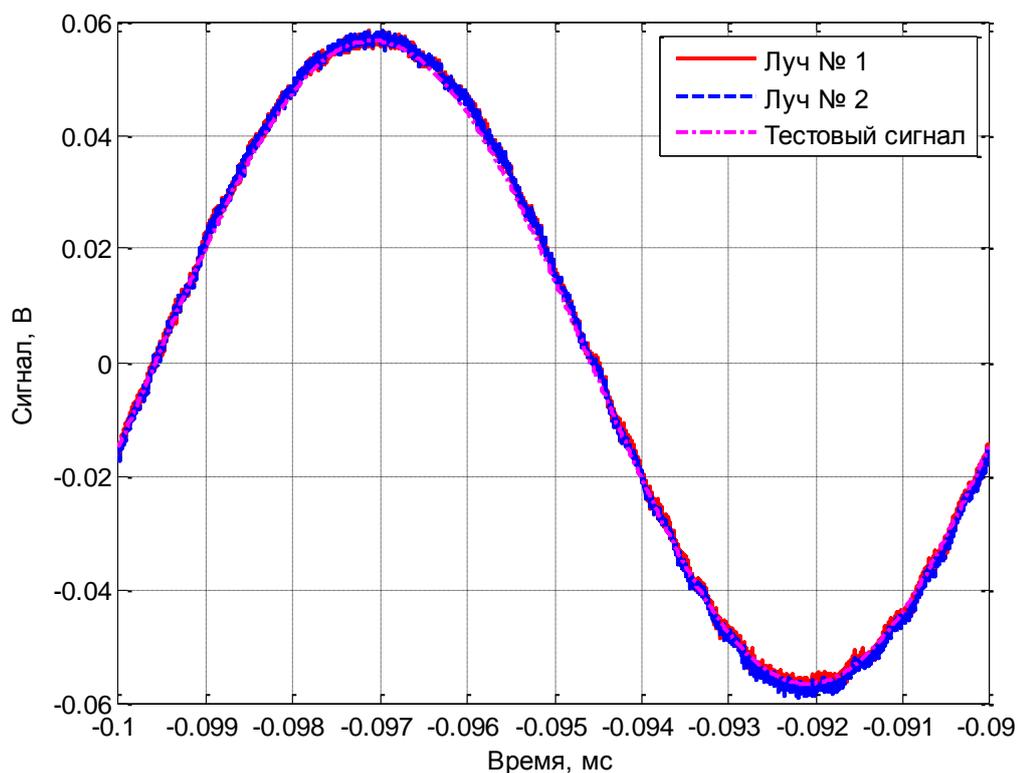


Рисунок 3.11 – Период экспериментального сигнала с минимизированной случайной составляющей погрешности для эксперимента 7

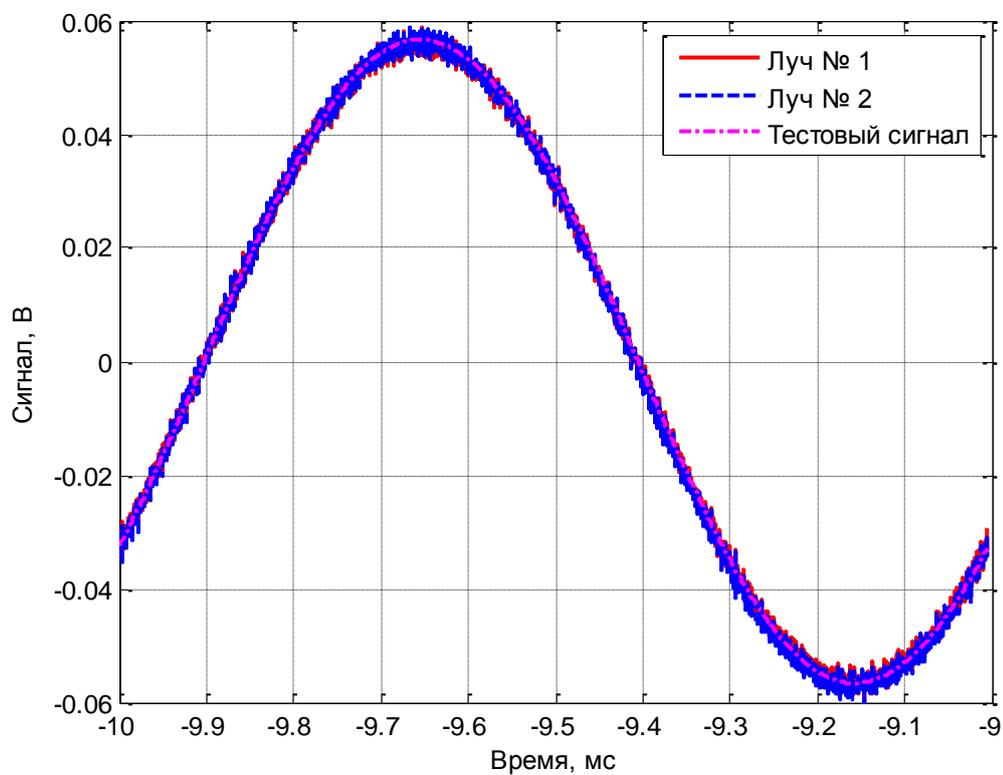


Рисунок 3.12 – Период экспериментального сигнала с минимизированной случайной составляющей погрешности для эксперимента 8

3.2.2 Получение итоговых характеристик

Теперь, согласно алгоритму обработки экспериментальных данных производим расчет таблиц поправок и визуализируем их.

Для того, чтобы рассчитать таблицы поправок мы из значений экспериментального сигнала поэлементно отнимали значения образцового сигнала. После этого сформировали таблицу из двух колонок: в первой – данные экспериментального сигнала (шкалы прибора), во второй – значение поправки, и отсортировали данную таблицу по возрастанию данных шкалы прибора.

На рисунках 3.13 – 3.16 изображены графики абсолютной погрешности для экспериментов 3, 4, 7, 8 соответственно. По горизонтальной оси отложены мгновенные значения показаний осциллографа, а по вертикальной оси значение абсолютной погрешности.

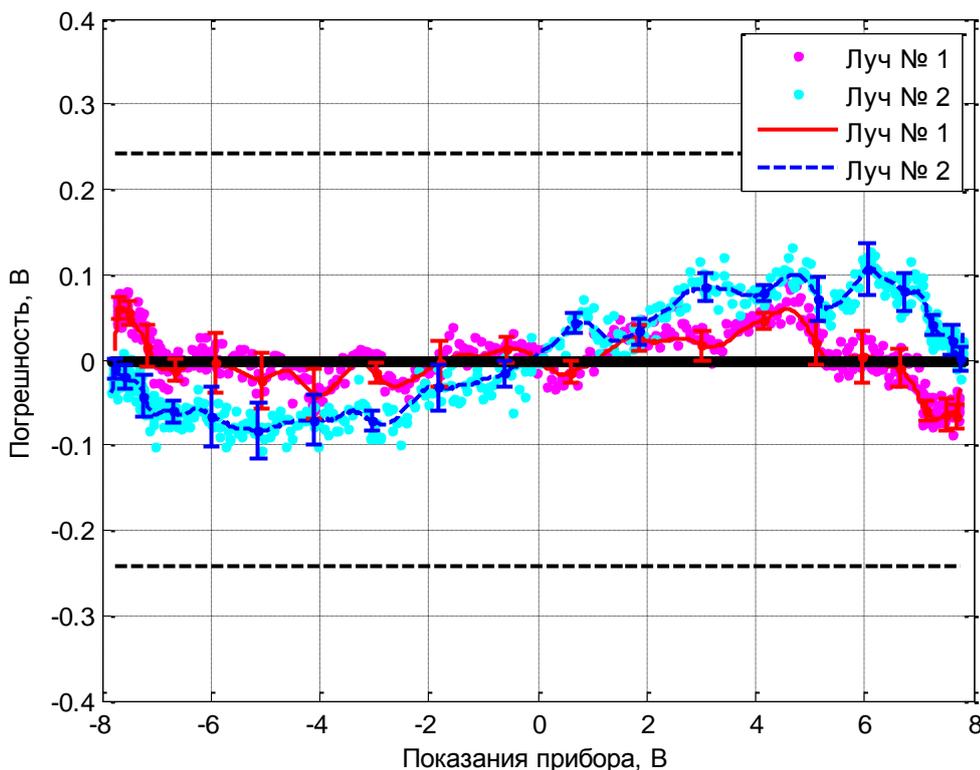


Рисунок 3.13 – График абсолютной погрешности для эксперимента 3

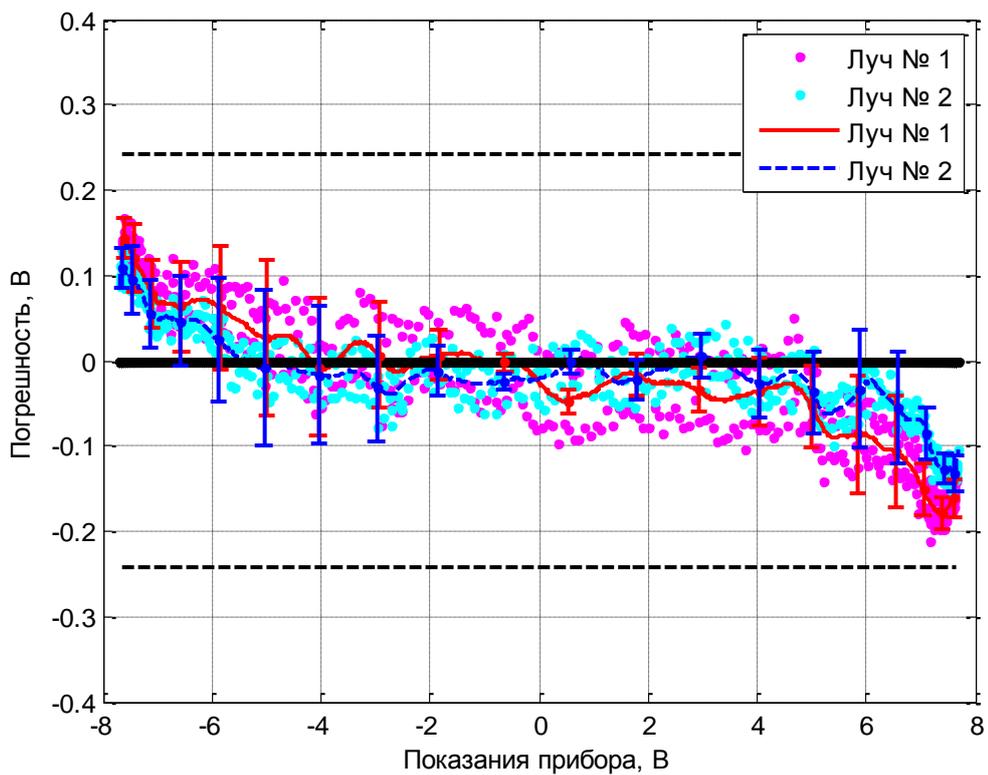


Рисунок 3.14 – График абсолютной погрешности для эксперимента 4

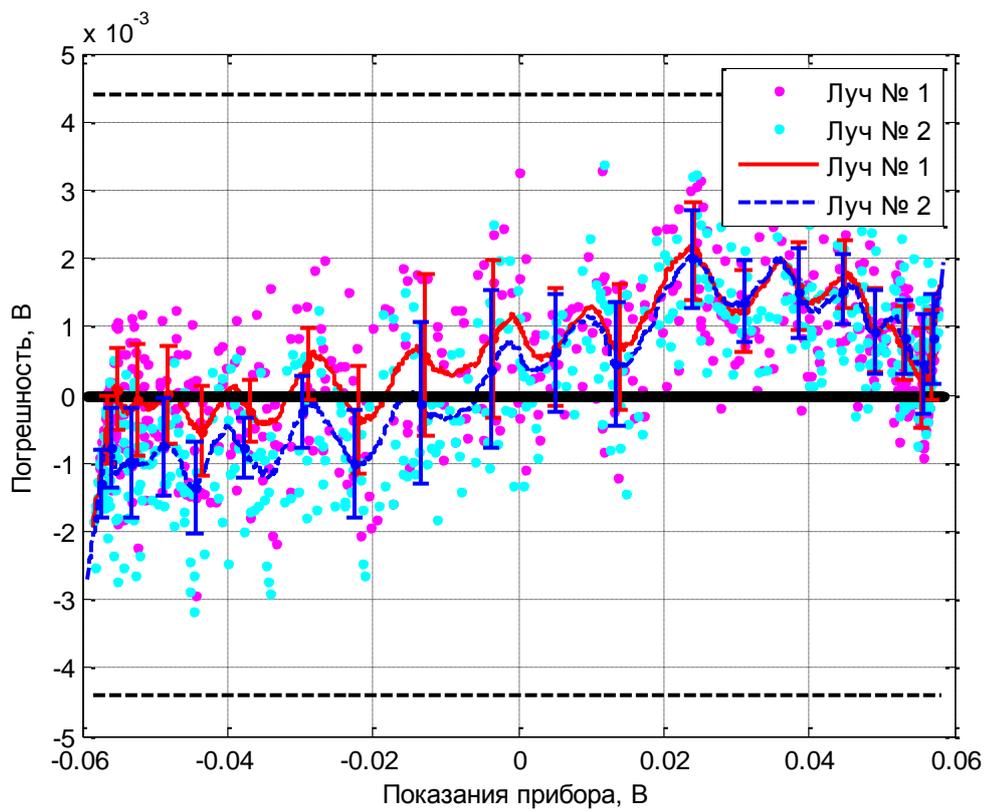


Рисунок 3.15 – График абсолютной погрешности для эксперимента 7

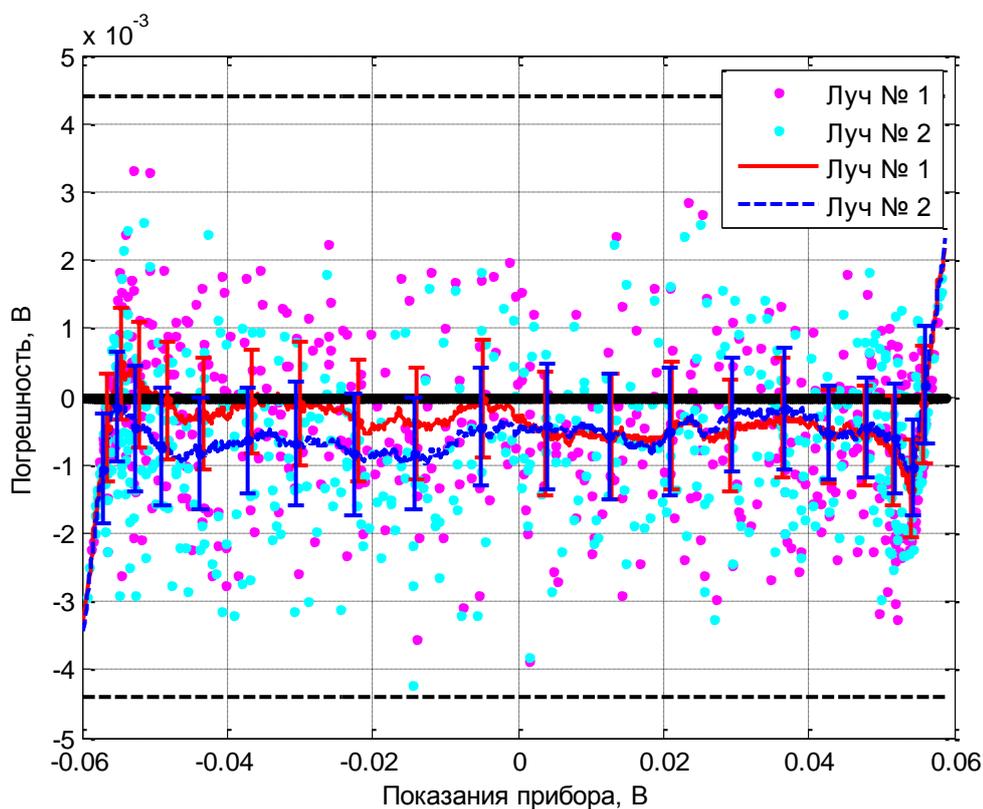


Рисунок 3.16 – График абсолютной погрешности для эксперимента 8

Черной штрихпунктирной линией обозначены значения абсолютной погрешности цифрового осциллографа, рассчитанные по формуле, взятой из документации к осциллографу:

$$\Delta = \pm(1,5 * 10^{-2} * 8 * K_0 + 2), \quad (3.1)$$

где, 8 – число делений по вертикали;

K_0 – выражен в мВ/дел.

Для экспериментов 3,4 значение абсолютной погрешности составило $\Delta = \pm 0,2420$ В.

Для экспериментов 7,8 значение абсолютной погрешности составило $\Delta = \pm 0,0044$ В.

Из графиков видно, что полученные значения абсолютной погрешности ниже, чем значения, рассчитанные по формуле, взятой из документации.

Полученные значения абсолютной погрешности были переведены в значения, приведенные по полной шкале осциллографа и обозначены также черной штрихпунктирной линией на рисунках 3.17 – 3.18.

Для экспериментов 3,4 значение приведенной погрешности составило $\gamma = \pm 1,5125 \%$.

Для экспериментов 7,8 значение приведенной погрешности составило $\gamma = \pm 2,7500 \%$.

На рисунках 3.17 – 3.18 изображены графики приведенной погрешности для экспериментов 3, 4, 7, 8 соответственно. По горизонтальной оси отложены мгновенные значения показаний осциллографа, а по вертикальной оси значение приведенной погрешности.

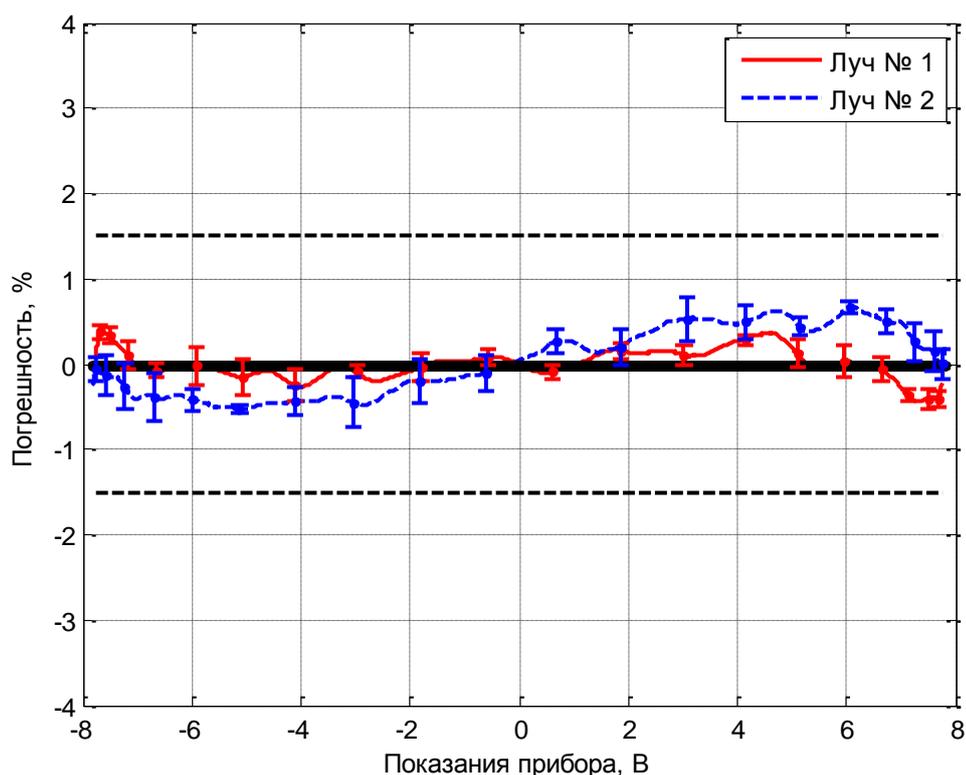


Рисунок 3.17 – График приведенной погрешности для эксперимента 3

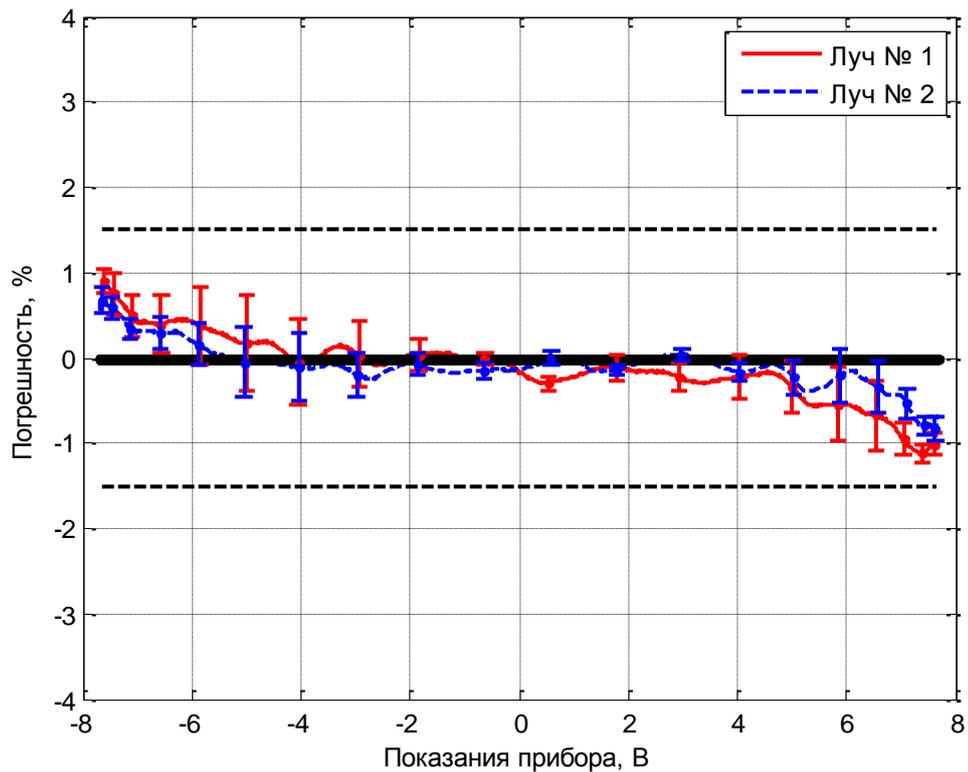


Рисунок 3.18 – График приведенной погрешности для эксперимента 4

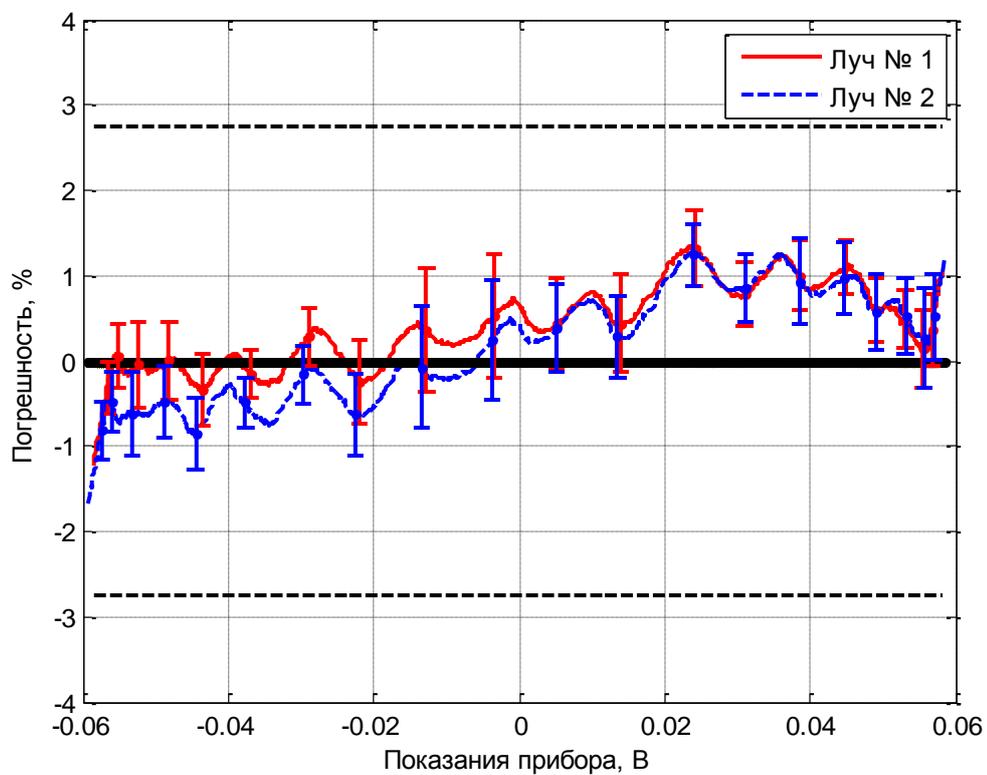


Рисунок 3.19 – График приведенной погрешности для эксперимента 7

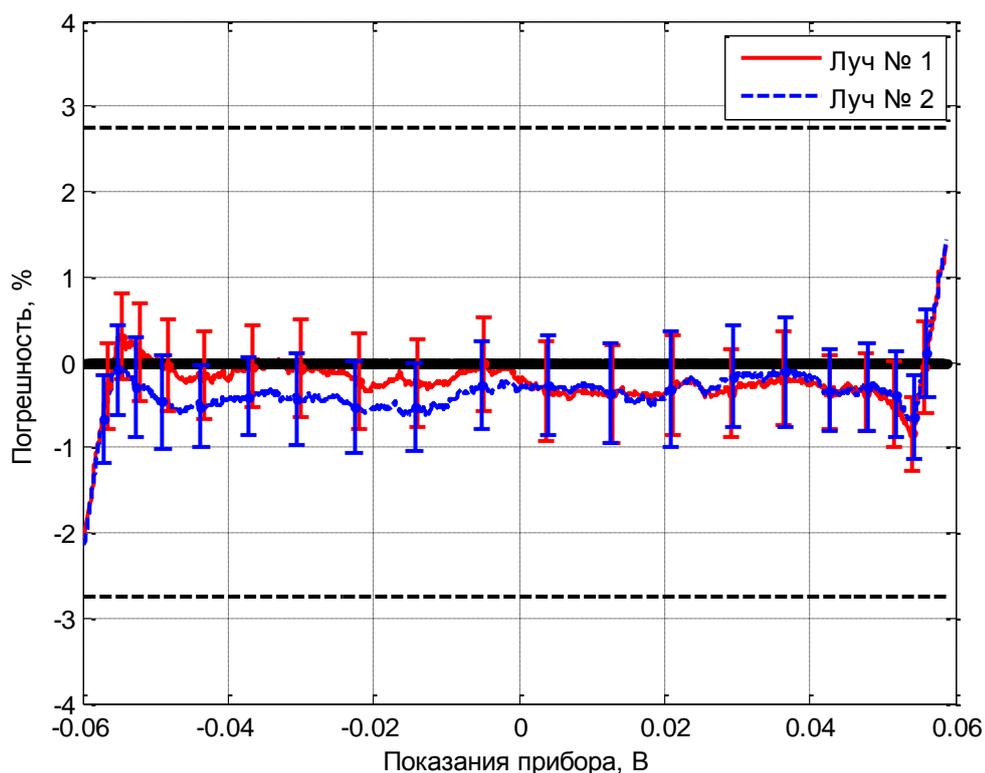


Рисунок 3.20 – График приведенной погрешности для эксперимента 8

Итак, в настоящем разделе работы приведены результаты по экспериментальному определению значений систематической погрешности цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62 Xs. Получены для различных значений вертикальной чувствительности и развертки осциллографа. Результаты показывают, что полученные нами значения систематической погрешности существенно ниже, указанных в документации значений погрешности прибора. Полученные данные представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Сравнение результатов эксперимента с данными из документации

Номер эксперимента	Максимальное значение систематической составляющей погрешности, %		Данные документации
	Канал 1	Канал 2	
3	0.4397±0.2204	0.6703±0.2975	1.5125
4	1.1264±0.5647	0.8292±0.4070	1.5125
7	1.3527±0.7351	1.3517±0.7194	2.7500
8	0.8713±0.5853	1.1597±0.6779	2.7500

Анализируя графики и данные в таблице, мы наблюдаем, что различие между каналами осциллографа лежит в пределах стандартного отклонения в каждом опыте. Наибольшими факторами, влияющими на погрешность чувствительности канала, являются:

- чувствительность каналов;
- развертка осциллографа.

Первый фактор мы обнаружили, когда мы меняли амплитуду входного сигнала и соответственно чувствительность каналов. Он обусловлен, на наш взгляд, нелинейностью амплитудных характеристик АЦП и аналоговых масштабных преобразователей каналов.

Поскольку, второй фактор мы обнаружили, изменяя частоту входного сигнала от 1 кГц до 100 кГц, его причиной могут являться нелинейности амплитудно-частотных характеристик АЦП и аналоговых масштабных преобразователей каналов.

В заключении раздела было выявлено, что систематические погрешности измерительных каналов осциллографа определяются амплитудными и амплитудно-частотными характеристиками измерительных каналов.

4 Финансовый менеджмент

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы определить потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком выполненной работы являются научно-исследовательские институты (НИИ) и учреждения, контролирующие качество производства предприятий, так как исследование амплитудных характеристик цифрового осциллографа позволяют повысить точность измерения напряжения цифровым осциллографом

Сегментом этого рынка являются исследовательские лаборатории, аналитические лаборатории, отделы качества предприятий.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 4.1- Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3

Продолжение таблицы 4.1

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,18	5	3	3	0,9	0,54	0,54
3. Надежность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
10. Энергоэкономичность	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	2	0,3	0,18	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,2	1,16	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
Итого	1	62	52	46	4,84	3,81	3,44

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,84, в то время как двух других аналогов 3,81 и 3,44 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство в эксплуатации, энергоэкономичность, цена.

4.1.3 Технология QuaD

Для измерения характеристик, позволяющих описать качество разработанных методик и ее перспективность на рынке используется технология QuaD. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки
- 2) Показатели оценки качества разработки

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Разработанная оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1.Эффективность	0,16	100	100	1	0,16
2. Удобство в эксплуатации	0,1	90	100	0,9	0,09
3. Безопасность	0,1	85	100	0,85	0,085
4.Универсальность применения	0,15	90	100	0,9	0,135
5. Многократность применения	0,14	85	100	0,85	0,119
6. Финансовая эффективность	0,05	85	100	0,85	0,0425
7. Утилизация	0,05	80	100	0,8	0,04
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Цена	0,1	95	100	0,95	0,095
Итого	1				0,8865

Проведем оценку качества и перспективности по технологии QuaD по формуле (4.2):

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.2)$$

$$P_{cp} = 88,65$$

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Перспективность в нашем случае составляет 88,65. Данное расчетное значение свидетельствует о том, что перспективность разработки очень высока.

4.1.4 SWOT- анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Простота применения	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки
	С2. Экономия времени.	Сл2. Необходимость проведения дополнительных исследований
	С3. Высокая конкурентоспособность	

Продолжение таблицы 4.3

	С4. Высокая квалификация сотрудников	Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения дополнительных испытаний Сл4. Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Работа с перспективными сегментами рынка В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Появление наиболее перспективных разработок У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта. Сильные стороны и возможности проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	+
	B2	+	+	-	+
	B3	-	+	+	0

B1B2C1C2C4; B3C2C3.

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица проекта. Сильные стороны и угрозы проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	Y1	+	+	-	+
	Y2	+	+	-	+
	Y3	-	-	0	0

Y1Y2C1C2C4.

Таблица 4.6 - Интерактивная матрица проекта. Слабые стороны и возможности проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	-	-
	B2	+	+	-	-
	B3	0	+	+	+

B1B2Сл1Сл2; B3Сл2Сл3Сл4

Таблица 4.7 - Интерактивная матрица проекта. Слабые стороны и угрозы проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	Y1	+	-	-	+
	Y2	+	+	+	-
	Y3	-	-	-	0

У1Сл1Сл4; У2Сл1Сл2Сл3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Таблица 4.8 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта а:</p> <p>С1. Простота применения</p> <p>С2. Экономия времени.</p> <p>С3. Высокая конкурентоспособность</p> <p>С4. Высокая квалификация сотрудников</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Необходимость проведения дополнительных исследований</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения дополнительных испытаний</p> <p>Сл4. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Работа с перспективными сегментами рынка</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь повлечет увеличение количества спонсоров (В1В2С1С2С4). Помимо этого, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентоспособность других разработок (В3С2С3).</p>	<p>Инновационные инфраструктуры ТПУ могут оказать помощь в финансировании проекта, а также могут позволят снизить финансирование научной разработки к минимуму (В1В2Сл1Сл2).</p> <p>Помехой для повышения стоимости конкурентных разработок могут послужить отсутствие необходимого оборудования для проведения дополнительных испытаний (В3Сл2Сл3Сл4).</p>

Продолжение таблицы 4.8

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Появление наиболее перспективных разработок</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Поскольку в данной разработке используется более новая информация наряду со старой, это может повысить спрос и конкурентоспособность разработки (У1У2С1С2С4).</p>	<p>Конкретизация только на одном сегменте рынка и отсутствии необходимых инструментов для реализации проекта (У2Сл1Сл2Сл3).</p> <p>Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции проекта (У1Сл1Сл4).</p>
--	--	--

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Чтобы провести систематическое исследование всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования был применен морфологический подход.

Путем комбинирования вариантов получено большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация морфологического метода предусматривает следующие этапы:

- 1) Точная формулировка проблемы исследования;
- 2) Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Морфологическая матрица для анализа исследования приведена в таблице 4.9

Таблица 4.9 – Морфологическая матрица для анализа

	1	2	3	4
А. Способ представления информации	текст;	графики; таблицы;	видео;	аудио;
Б. Содержание метода	анализ метода; анализ средств;	анализ существующих средств;	анализ существующих методов;	рассмотрение других методов;
В. Структура метода способа измерения	метод; средства; анализ; выбор;	метод; физическое пояснение; анализ;	средства; физическое пояснение; выбор;	средства; экономическое обоснование; выбор;
Г. Способы получения информации	интернет; руководитель;	энциклопедии; книги;	получение информации из прибора;	комбинированный метод получения информации;
Д. Требуемые человеческие ресурсы для выполнения работы	команда инженеров;	1 студент;	лаборант;	1 профессор;

В результате составленной морфологической матрицы анализа выявлены наиболее 3 удачные комбинации составления данной работы:

1. А1Б4В3Г1Д3 - наиболее дешевый способ; первая комбинация отличается простотой реализации, наименьшими затратами ресурсов, дешевизной выполнения работы, вследствие чего как итог дешевая, но низкокачественная работа.

2. А2Б1В4Г3Д1 - затратный способ; третья комбинация является самой ресурсозатратной, вследствие всего и самой дорогой, но самой качественной и удобной для восприятия ее пользователем.

3. А1Б1В1Г4Д2 - универсальный способ; вторая комбинация является универсальной. Полученная работа будет выполнена без лишних затрат и является средней по качеству.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят в данном случае научный руководитель и студент. Составленный перечень этапов, работ и распределение исполнителей приведен в таблице 4.10

Таблица 4.10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Утверждение темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение теоретического материала по теме	Студент
	4	Определение направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Обзор литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Анализ используемых средств и методов	
	9	Систематизация и оформление информации	
Анализ полученных результатов	10	Обработка результатов	Научный руководитель, студент
	11	Заключение	Научный руководитель, студент

4.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий - объектов испытаний (исследований);

Материалы необходимые для данной разработки представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы,		
		Ис п.	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп.2	Исп. 3
Тетрадь	шт.	2	1	3	15	15	15	36	18	54
Ручка	шт.	3	2	4	10	10	10	36	24	48
Карандаш	шт.	1	2	1	7	7	7	8,4	16,8	8,4
Картридж для принтера	мл	100	150	100	4	4	4	480	720	480

Продолжение таблицы 4.11

Бумага	листов	500	600	500	0,6	0,6	0,6	360	432	360
Итого								920,4	1210,8	950,4

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.3)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = 1,72$, $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = 1,73$, $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = 1,75$. Таким образом, полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах.

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.4)$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки; b_i - бальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Доступность (понятность)	0,15	4	3	5
2. Удобство использования	0,10	3	4	5
3. Простота	0,20	4	3	5
4. Унифицированность	0,15	3	3	4
5. Полнота изложения	0,25	3	5	5
6. Материалоемкость	0,15	3	4	4
Итого:	1,00			

Интегральный показатель ресурсоэффективности для трех исполнений:

$$I_{p-исп1} = 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 = 3,35$$

$$I_{p-исп2} = 0,15 \cdot 3 + 0,10 \cdot 4 + 0,20 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 3,75$$

$$I_{p-исп3} = 0,15 \cdot 5 + 0,10 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,7$$

Показатель ресурсоэффективности проекта в исполнении 3 имеет достаточно высокое значение (по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности использования разработки данного проекта.

Интегральный показатель эффективности исполнения разработки

(I_{ucni}) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{ucn.i} = \frac{I_{p-ucni}}{I_{финр}^{ucn.i}}, \quad (4.5)$$

$$I_{ucn.1} = 1,94, I_{ucn.2} = 2,13, I_{ucn.3} = 2,6.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucn.1}}{I_{ucn.2}}. \quad (4.6)$$

Таблица 4.13 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1		Исп.2		Исп.3	
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,72		1,73		1,75	
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,35		3,75		4,7	
3	Интегральный показатель эффективности	1,94		2,13		2,6	
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,91	0,74	1,09	0,81	2,8	1,22

Таким образом, универсальным вариантом исполнения работы, будет являться 3 вариант. То есть, работа будет выполнена без лишних затрат и является средней по качеству.

4.6 Оценка экономической эффективности проекта

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

– в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, проведена оценка возможных угроз и

возможностей проекта. Было установлено, что разработка методики определения фазового состава вещества с использованием метода повышения точности измерения напряжения цифровым осциллографом имеет некоторые преимущества, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технологических процессов.

– в результате сравнения конкурентных технических решений, было выявлено, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет ряд преимуществ.

Таким образом, можно сделать вывод, что выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов. Внедрение данной методики, позволит увеличить эффективность производства, с ресурсосберегающей стороны, поскольку произойдет ускорение ознакомления с работой на цифровом осциллографе, а также будет улучшена безопасность и условия труда.

5 Социальная ответственность

Незаменимым разделом выпускной квалификационной работы является социальная ответственность, поскольку в нем освещены вопросы безопасности труда, затронута область защиты окружающей среды от вредных воздействий исследований. В условиях производственной деятельности безопасность работника обеспечивается ограничением уровней воздействия на него вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса нормативными значениями, либо полным исключением этих видов воздействия.

Исследования проводились в лаборатории института кибернетики, специально оборудованной для этих целей. Целью работы является изучение методов по повышению точности измерения напряжения, проводимые с использованием цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs

Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером, цифровым осциллографом LeCroy WaveSurfer 62Xs, генератором прецизионным ГС-50, вольтметром универсальным В7-46/1 Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Обработка полученной информации с прибора и её визуализация производятся на компьютере, состоящем из системного блока и монитора, поэтому выполняемые работы сводятся к взаимодействию с персональным компьютером. Работа с компьютером вызывает значительное умственное напряжение и нагрузку пользователя, высокую напряженность зрительной работы и является причиной достаточно ощутимой нагрузки на мышцы рук при длительной работе с мышью и клавиатурой. Для оптимального поддержания рабочей позы пользователя необходимо рациональное расположение требуемых элементов и рациональная конструкция рабочего места. Также при работе с компьютером необходимо рационально распределять время на работу и отдых.

В данном разделе рассматривается комплекс мероприятий, с помощью которых происходит минимизация негативного воздействия факторов, возникающие при работе с компьютером, цифровым осциллографом. Благодаря проведению данных мероприятий можно повысить производительность труда сотрудников и улучшить условия работы в лаборатории.

5.1 Производственная безопасность

В настоящее время в процессе эксплуатации предприятий производственной сферы возникает проблема обеспечения безопасности производственного персонала и населения.

В таблице 5.1 приведена классификация факторов при выполнении работ.

Таблица 5.1 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке исправности функционирования аналитического оборудования

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
Вредные	Опасные	
отклонение показателей микроклимата; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень электромагнитных излучений; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенный уровень вибрации.	опасность поражения электрическим током; опасность пожара;	параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96; параметры уровня электромагнитных излучений устанавливаются СанПиН 2.2.4-055-96; параметры освещенности устанавливаются СанПиН 2.1.1.1278-03; параметры уровня шума устанавливаются СанПин 2.2.4566-96; Пожарная безопасность устанавливается СНиП 21 – 01 – 97.

Далее более подробно изучаются выявленные вредные и опасные факторы.

5.1.1 Анализ вредных факторов

5.1.1.1 Микроклимат

Одной из важных характеристик производственных помещений является микроклимат. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду. Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей регулируется процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит различными видами: излучением, конвекцией, испарение влаги.

Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Неблагоприятный уровень микроклимата может способствовать возникновению у человека определенных последствий, например, следующие:

- нарушение терморегуляции, в результате которого возможно повышение температуры, обильное потоотделение, слабость.
- нарушение водно-солевого баланса, может привести к слабости, головной боли, судорожной болезни.

К показателям, характеризующим микроклимат, относятся:

- температура воздуха [$^{\circ}\text{C}$];
- относительная влажность [%];
- скорость движения воздуха [м/с].

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для

инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Согласно требованиям, оптимальные и допустимые параметры микроклимата в офисах приведены в таблице 5.1 и таблице 5.2 [1].

Таблица 5.2 - Оптимальные значения характеристик микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	22-26	40-60	0,1

Таблица 5.3 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Теплый	21,0-22,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,2
Холодный	20,0-21,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,1

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы.

Микроклимат лаборатории, в которой проводилась работа, соответствует допустимым нормам, например, средняя температура воздуха в зимнее время года составляет 20-22 °С, в летнее 22-24 °С.

5.1.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Одной из важных характеристик производственных помещений является уровень шума.

Основными источниками шума в помещении являются:

- система охлаждения центральных процессоров;
- жесткие диски.

Повышенный уровень шума неблагоприятно воздействует на организм человека в целом, так и на нервную систему и органы слуха в частности, что ведет к падению производительности труда и может привести к развитию заболеваний нервной системы и снижению слуха.

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, осуществляющего эксплуатацию ЭВМ при разных значениях частот, приведены в таблице 5.4 [1].

Таблица 5.4 – Допустимые уровни звука на рабочем месте

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы. Для снижения уровня шума с улицы рекомендуется установка герметичных стеклопакетов, а также посадка зеленых насаждений на прилегающей территории.

5.1.1.3 Опасность воздействия электромагнитного и ионизирующего излучения

При работе с компьютером пользователь находится в непосредственной близости к монитору, что вызывает воздействие электромагнитных полей (ЭМП). Вредное влияние переменных магнитных полей должно быть учтено при организации рабочего места с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ).

Воздействие электромагнитного и электростатического полей могут привести к появлению головных болей и дисфункции ряда органов. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что вызывает ослабление памяти, остроты зрения, так же наблюдаются болезни сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, кожные заболевания.

Временные допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемые компьютером на рабочем месте представлены в таблице 5.5 согласно [2].

Таблица 5.5 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых компьютером на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для защиты от электромагнитных излучений необходимо обеспечить:

- рациональное размещение излучающих и облучающих объектов, исключаящее или ослабляющее воздействие излучения на персонал;
- ограничение места и времени нахождения работников в электромагнитном поле;
- защита расстоянием;
- использование поглощающих или отражающих экранов;
- использование специальных защитных очков;
- лечебно-профилактические мероприятия;

В соответствии с [3] по виду трудовой деятельности данный вид работ в лаборатории относится к группе В, а по напряженности работы ко II категории тяжести, это означает, что стоит сократить время работы за компьютером, делать перерывы при 8-ми часовой смене. Также применять мониторы с пониженным уровнем излучения и защитные экраны.

5.1.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Около 80% общего объема информации человек получает через зрительный канал. Качество поступающей информации во многом зависит от освещения, неудовлетворительное качество которого вызывает утомление организма в целом. При неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых метрологом ошибок.

Так как работа инженера-метролога подразумевает зрительный тип работы, то организация правильного освещения имеет значительное место. Пренебрежение данным фактором может привести к профессиональным болезням зрения.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также

комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Разряд зрительных работ инженера-метролога относится к разряду III подразряду г (высокой точности), параметры искусственного освещения указаны в таблице 5.6 [4].

Таблица 5.6 – Нормативные значения освещённости

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний и бо́льшой <<	Светлый << << средний	400	200	200

Согласно требованиям [2] необходимо соблюдать определенные правила:

- применять комбинированную освещенность;
- естественный свет преимущественно должен падать слева;
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк;
- освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;
- в качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ);

– для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования персональных электронно-вычислительных машин следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

В лаборатории, где производилась работа, освещенность комбинированная, естественный свет падает слева, соблюдены все нормы освещенности, чистка окон производится 2 раза в год (в конце декабря и в июле).

5.1.1.5 Повышенный уровень вибрации

Вибрация неблагоприятно воздействует на человека. Производственная вибрация, имеющая значительную амплитуду и продолжительность действия, передаваясь здоровым тканям и органам, оказывает вредное влияние, прежде всего, вызывая нейротрофические и гемодинамические нарушения. Изменяется вибрационная, температурная и болевая чувствительность кожи. Общая вибрация вызывает сотрясение всего организма. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц не приводит к вибрационной болезни.

Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазоне 6 – 9 Гц. Колебания рабочих мест с указанными частотами весьма опасны, так как могут вызвать механическое повреждение или даже разрыв этих органов. Длительное воздействие интенсивной вибрации может привести к заболеванию вибрационной болезнью, связанной с нарушением деятельности жизненно важных органов и систем человека: нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательного аппарата. Вибрационная болезнь относится к группе профзаболеваний, эффективное лечение которых возможно только на ранней стадии. Признаками вибрационной болезни являются боли в мышцах, зуд, тошнота, ощущение тряски внутренних органов, головные боли, бессонница. Вибрация и шум снижают

производительность и качество труда работников, причем снижение производительности труда тем больше, чем сложнее трудовой процесс и чем больше в нем элементов умственного труда. В таблице 5.6 указаны предельно допустимые значения производственной локальной вибрации.

Таблица 5.6 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	* Предельно допустимые значения по осям X_l , Y_l , Z_l			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

Для уменьшения шумов и вибрации применяют:

- установку приборов на массивные фундаменты;
- тщательную статическую и динамическую балансировку подвижных частей.

5.1.1.6 Психофизиологические нагрузки

Для того чтобы минимизировать психофизиологические нагрузки на работника, следует уделить внимание требованиям организации рабочего места. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования (в данном случае компьютера, цифрового осциллографа, генератора прецизионного,

вольтметра универсального), с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм (при отсутствии возможности регулировки высота должна составлять 725 мм) [5]. В рабочем кабинете высота столов не регулируется и составляет 700 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

В частности, соблюдение данных требований позволит минимизировать нервно-психические, нервно-эмоциональные перегрузки, а также утомление глаз, повышенную нагрузку на зрение.

Согласно [2] рекомендуется организовывать перерывы на 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы. При этом продолжительность непрерывной работы с компьютером не должна превышать 2 часов.

Во время перерывов следует выполнять комплекс упражнений для снятия утомления зрительного анализатора, напряжения в позвоночнике, а также общего эмоционального напряжения.

5.1.2 Анализ опасных факторов

5.1.2.1 Опасность возникновения пожара

В помещениях с ПЭВМ повышен риск возникновения пожара. Неисправность электрооборудования, освещения, неправильная их эксплуатация, наличие статического электричества неудовлетворительный

надзор за пожарными устройствами и производственным оборудованием может послужить причиной пожара. Пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб и часто сопровождается несчастными случаями с людьми.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара.

Для профилактики пожара должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной сигнализации, первичных средств пожаротушения; проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не загромождаться и не блокироваться эвакуационные выходы; выполняться требования правил технической эксплуатации и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должен быть установлен «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники [6].

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр и своевременно устранять все неисправности и неисправные электроприборы и не использовать неисправные электроприборы.

Обогревание помещения открытыми электронагревательными приборами могут привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные

документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага - легковоспламеняющийся предмет.

В целях профилактики пожара предлагается не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому курения в помещении лаборатории предлагается категорически запретить.

В целях предотвращения пожара также предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов. Здание корпуса 10, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые огнетушители и план эвакуации, а также установлен план эвакуации с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу.

На рисунке 5.1 представлен план эвакуации при возникновении пожара и других ЧС.



Рисунок 5.1 – План эвакуации при пожаре и других ЧС

5.1.2.2 Опасность поражения электрическим током

Поскольку в данной работе используется электрооборудование, для производственного объекта характерным является возможность поражения электрическим током. Чтобы снизить риск необходимо соблюдать нормы электробезопасности.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного воздействия электромагнитного поля, электрического тока и статистического электричества.

На рабочем месте лаборанта из всего оборудования металлическим является лишь корпус системного блока компьютера, но здесь используются системные блоки, отвечающие стандарту фирмы IBM, в которых кроме

рабочей изоляции предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания. Без заземления величина электромагнитного поля в разы будет превышать допустимый безопасный уровень для здоровья человека, который установлен в [2]. Таким образом, оборудование обменного пункта выполнено по классу 1, в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

На основании [7] степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от рода и величины напряжения и тока, силы тока, частоты электрического тока и пути прохождения через тело человека, а также продолжительности воздействия и условий внешней среды.

Различают следующие виды помещений в зависимости от опасности поражения людей электрическим током:

- помещения без повышенной опасности (в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность).
- помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящую пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Помещение лаборатории по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности (сухое, бес пыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов).

В целях обеспечения электробезопасности выделяют следующие требования согласно [8]:

- использование безопасного напряжения 12 и 36 В (для получения используют понижающие трансформаторы, которые включают в стандартную сеть с напряжением 220 или 380 В);
- контроль изоляции электрических проводов;
- устройство защитного заземления и зануления;
- исключение случайного прикосновения к токоведущим частям;
- соблюдение организационных мер обеспечения электробезопасности.

Так же обязательным условием является прохождение всеми сотрудниками первичного, внеочередного и повторного инструктажа по электробезопасности.

5.2 Экологическая безопасность

Под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями, влияющие на следующие природные зоны:

- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера.

Компьютер, используемый в работе, не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

5.2.1 Загрязнение гидросферы

Загрязнение гидросферы огромны и происходят довольно давно.

Основными источниками загрязнений являются промышленность и сельское хозяйство. Внутренние водоемы загрязняются сточными водами различных отраслей промышленности.

Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом или производственном употреблении, а также прошедшая через какую-либо загрязненную территорию.

В процессе работы инженера-метролога возможно образование хозяйственно – бытовых вод.

Бытовые сточные воды помещения образуются при эксплуатации туалетов, столовой, сливе химических растворов, растворов органических соединений, а также при мытье рук, полов и т.п. Данные воды должны отправляться на городскую станцию очистки [9,10].

5.2.2 Отходы

Компьютер в своем составе содержит токсичные вещества электронных отходов такие, как бромсодержащие замедлители горения, поливинилхлориды, ртуть, которые в процессе эксплуатации не вызывают негативных последствий, однако со временем приходится производить утилизацию персонального компьютера как твердого отхода.

При завершении срока службы ПК, его можно классифицировать, как отход электронной промышленности.

При утилизации происходит разбор компьютеров на следующие компоненты: блоки питания, процессоры, электронные платы, кабеля. Утилизация, как электронно-вычислительных машин, так и другой оргтехники включает в себя работы по: погрузке, транспортировке, разгрузке, демонтажу и извлечению различных материалов из списанных технических средств, а также сдачу на материалы специализированным организациям для дальнейшей переработки. Основными материалами,

которые извлекаются из технических средств, являются: черный металл (алюминий, медь), пластик, платы, содержащие драгоценные металлы, стекло.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее характерной чрезвычайной ситуацией для данного производственного помещения является пожар.

Пожарная опасность персональных электронно-вычислительных машин, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляция обмоток соединительных проводов и кабелей.

Согласно определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности (НПБ 105-03) производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещение по пожарной и взрывной опасности относят к категории Г (умеренная пожароопасность), характеризующейся отсутствием легковоспламеняющихся веществ и материалов в горячем состоянии.

При строительстве зданий и сооружений с учётом категории производства применяют строительные материалы и конструкции, которые подразделяются на три группы:

- сгораемые;
- трудносгораемые;
- несгораемые.

Здание, в котором находится помещение относится к несгораемым.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ и цифровым осциллографом должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотным огнетушителем типа ОУ 2 или ОУ 5.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности [11].

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Оптимальный режим труда и отдыха это одно из важных условий качественной работоспособности сотрудников. При несоблюдении режима труда и отдыха снижается работоспособность сотрудников, появляются головные боли, усталость, болезненные ощущения в глазах, раздражительность, психоэмоциональное напряжение.

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Возможно установление неполных рабочих день для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени. Ограничений продолжительности ежегодного основного

оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других трудовых прав при этом не имеется.

При работе в ночное время продолжительность рабочей смены на один час меньше. К работе в ночные смены не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, матери и отцы – одиночки детей до пяти лет.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с посменного согласия работника.

Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд [12].

Согласно [13] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

Главными элементами рабочего места лаборанта являются рабочий стол и стул, при этом работа проводится в положении сидя. Следовательно, для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой

подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз.

При организации рабочего места в лаборатории реализуются следующие правила:

- высота стола составляет 720 мм, в соответствии с нормами [2] - 725 мм;
- рабочий стул не имеет регулировку высоты и поворотов, угол наклона спинки стандартный и так же не имеет возможности регулировки, не имеет подлокотников;
- клавиатура располагается на расстоянии от 150-200 мм от края стола, что соответствует нормам [2].

Заключение

В работе были получены следующие результаты:

- проведен анализ литературных источников для изучения типичной конструкции цифрового осциллографа, определены основные факторы, которые обуславливают появление случайной и систематической составляющей погрешности измерения напряжения цифровым осциллографом;
- выявлено, что основным источником систематической погрешности в осциллографе является аналогово-цифровой преобразователь, поскольку в нём происходит наиболее существенное искажение формы сигнала – сигнал квантуется по времени и по уровню;
- определены методы минимизации данных составляющих;
- изучены способы определения систематической погрешности цифрового осциллографа;
- была описана процедура эксперимента, выбрана структурная схема экспериментальной установки, определен состав используемого экспериментального оборудования;
- были приведены рассуждения, лежащие в основе ограничения факторности эксперимента, составлена матрица эксперимента;
- проведены экспериментальные исследования по получению амплитудных характеристик цифрового осциллографа;
- описан алгоритм статистической обработки экспериментальных данных в программном пакете Matlab;
- проведена обработка экспериментальных данных в соответствии с алгоритмом, рассчитаны и приведены на графики таблицы поправок;
- в заключении работы было выявлено, что систематические погрешности измерительных каналов осциллографа определяются амплитудными и амплитудно-частотными характеристиками измерительных каналов.

Список использованных источников

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. – 36 с.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003 – 34 с.
3. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 67 с.
4. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. - 28 с.
5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003 – 43 с.
6. СНиП 21 – 01 – 97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – 12 с.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М: ИПК Издательство стандартов, 2009 – 27 с.
8. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М: ИПК Издательство стандартов, 1981 – 31 с.
9. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – М: ИПК Издательство стандартов, 1986 – 28 с.

10. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. – М: ИПК Издательство стандартов, 1987 – 25 с.
11. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003. - 92 с.
12. Трудовой кодекс РФ на 2012 год – перераб. и доп. – М.; Рид Групп, 2012. – 480 с.
13. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М: ИПК Издательство стандартов, 1978 – 19 с.
14. Кончаловский В.Ю. «Цифровой Осциллограф» Методическое руководство /Москва: Московский энергетический институт, - 2005.
15. Соболевский А.Г. Измерения при настройке радиоаппаратуры — М.: Энергия, 1980 — 144 с.
16. Райс Вольфганг (Wolfgang Reis, WBCGmbH) Журнал "Компоненты и технологии", № 3'2005
17. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника: учебник / Ю.Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. Я. Гуров. – М. : «Горячая линия – Телеком», 2004.
18. Никамин, В. А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Справочник – СПб. : КОРОНА принт; М.: «Альтекс-А», 2003. – 224 с.
19. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учебное пособие для вузов. /М.: Логос, 2001. –408 с.
20. Спиридонова А.С., Наталинова Н.М. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 135 с.

21. Жуков В.К. Теория погрешностей технических измерений: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 180 с.

22. ГОСТ 8.395-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). «Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования».

23. Терёхин В.В. Моделирование в системе MATLAB: Учебное пособие/Кемеровский государственный университет. – Новокузнецк: Кузбассвудиздат, 2004. -376 с.

Приложение А (справочное)

Описание типа средства измерения цифрового осциллографа LeCroy WaveSurfer 62Xs

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ



Осциллографы цифровые запоминающие WaveSurfer 24Xs-A, WaveSurfer 24MXs-A, WaveSurfer 42Xs-A, WaveSurfer 44Xs-A, WaveSurfer 44MXs-A, WaveSurfer 62Xs-A, WaveSurfer 64Xs-A, WaveSurfer 64MXs-A, WaveSurfer 104Xs-A, WaveSurfer 104MXs-A	Внесены в Государственный реестр средств измерений. Регистрационный № <u>40910-09</u> Взамен № _____
--	---

Выпускаются по технической документации компании "LeCroy Corporation" (США).

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Осциллографы цифровые запоминающие WaveSurfer 24Xs-A, WaveSurfer 24MXs-A, WaveSurfer 42Xs-A, WaveSurfer 44Xs-A, WaveSurfer 44MXs-A, WaveSurfer 62Xs-A, WaveSurfer 64Xs-A, WaveSurfer 64MXs-A, WaveSurfer 104Xs-A, WaveSurfer 104MXs-A (далее - осциллографы) предназначены для исследования формы и измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов с индикацией результатов измерений на экране.

Основными областями применения осциллографов являются электро-радиоизмерения при проведении исследовательских и испытательных работ в лабораторных и производственных условиях.

ОПИСАНИЕ

Конструктивно каждый осциллограф выполнен в виде моноблока.

Осциллографы являются многофункциональными средствами измерений параметров сигналов.

Принцип действия основан на аналогово-цифровом преобразовании входного сигнала осциллографа с последующей его цифровой обработкой и индикацией выборки сигнала на экране осциллографа. Встроенный микропроцессор обеспечивает диалоговое управление работой осциллографа, задает электрические и временные режимы функционирования, выводит на экран форму сигнала и результаты измерений. Вывод протоколов измерений осуществляется через интерфейсы (GPIB, RS232 или сетевую карту Ethernet 10/100 Мбит) на внешний принтер или компьютер. Соприжение с другими внешними устройствами осуществляется через интерфейсы USB-2.0 (3 разъема), PS/2 (2 разъема), LPT, SVGA, LAN.

По устойчивости к климатическим и механическим воздействиям осциллографы относятся к 3 группе ГОСТ 22261-94.

Приложение Б

(справочное)

Свидетельство об утверждении типа средства измерения цифрового осциллографа LeCroy WaveRunner 606Zi

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

об утверждении типа средств измерений

US.C.35.002.A № 45776

Срок действия до 19 марта 2017 г.

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Осциллографы цифровые запоминающие WaveRunner 604Zi,
WaveRunner 606Zi, WaveRunner 610Zi, WaveRunner 620Zi, WaveRunner 625Zi,
WaveRunner 640Zi, WaveRunner HRO 64Zi, WaveRunner HRO 66Zi

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Компания "LeCroy Corporation", США

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № 49275-12

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
WR6Zi-GSM-E RevA 918908-00 RevA МП

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ 1 год

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по
техническому регулированию и метрологии от 19 марта 2012 г. № 160

Описание типа средств измерений является обязательным приложением
к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства

Е.Р.Петросян

"....." 2012 г.

Серия СИ

№ 003861

Приложение В

(справочное)

Свидетельство об утверждении типа средства измерения цифрового осциллографа DPO7054C



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

об утверждении типа средства измерений

CN.C.35.010.A № 50295

Срок действия до **02 апреля 2018 г.**

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Осциллографы цифровые DPO7054C, DPO7104C, DPO7254C, DPO7354C

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Компания "Tektronix (China) Co., Ltd.", Китай

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № **53104-13**

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
МП РТ 1881-2013

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ **1 год**

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от **02 апреля 2013 г. № 336**.

Описание типа средств измерений является обязательным приложением к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства

Ф.В.Булыгин

"02" "апреля" 2013 г.

Серия СИ

№ **009162**

Приложение Г

(справочное)

Свидетельство об утверждении типа средства измерения цифрового осциллографа DSO6054A

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

об утверждении типа средств измерений

МУ.С.35.002.А № 51344

Срок действия до **25 июня 2018 г.**

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Осциллографы DSO 6012A, DSO 6014A, DSO 6032A, DSO 6034A, DSO 6052A,
DSO 6054A, DSO 6102A, DSO 6104A, MSO 6012A, MSO 6014A, MSO 6032A,
MSO 6034A, MSO 6052A, MSO 6054A, MSO 6102A, MSO 6104A, DSO 6014L,
DSO 6054L, DSO 6104L

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Фирма "Agilent Technologies", Малайзия

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № **30681-13**

ДОКУМЕНТ НА ПОВЕРКУ
651-13-12 МП

ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ПОВЕРКАМИ **1 год**

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по
техническому регулированию и метрологии от **25 июня 2013 г. № 620**

Описание типа средств измерений является обязательным приложением
к настоящему свидетельству.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства

Ф.В.Бузыгин

"....."..... 2013 г.

Серия СИ

№ **010299**

Приложение Д
(обязательное)
Журнал эксперимента

№	Параметры осциллографа в соответствии матрицей эксперимента	Параметры сигнала с генератора и вольтметра	Имя файла	Имя скриншота
1	1. 1,2 Канал 2. 2 В 3. $2,5 \cdot 10^6$ 4. 20 мкс	100 кГц Ослабление 0 дБ 5,5048 В действ. знач.	C1Trace00000 C2Trace00000	Screen60
2	1. 1,2 Канал 2. 2В 3. $2,5 \cdot 10^6$ 4. 2 мс	1 кГц Ослабление 0 дБ 5,5054 В действ.знач.	C1Trace00001 C2Trace00001	Screen61
3	1. 1,2 Канал 2. 2В 3. $100 \cdot 10^3$ 4. 20 мкс	100 кГц Ослабление 0 дБ 5,5018 В действ.знач.	C1Trace00002 C2Trace00002	Screen62
4	1. 1,2 Канал 2. 2В 3. $100 \cdot 10^3$ 4. 2 мс	1 кГц Ослабление 0 дБ 5,5018 В действ.знач.	C1Trace00003 C2Trace00003	Screen63
5	1. 1,2 Канал 2. 20 мВ 3. $2,5 \cdot 10^6$ 4. 20 мкс	100 кГц Ослабление 40 дБ 40,024 мВ действ.знач.	C1Trace00004 C2Trace00004	Screen64
6	1. 1,2 Канал 2. 20 мВ 3. $2,5 \cdot 10^6$ 4. 2 мс	1 кГц Ослабление 40 дБ 40,027 мВ действ.знач.	C1Trace00005 C2Trace00005	Screen65

7	1. 1,2 Канал 2. 20 мВ 3. $100 \cdot 10^3$ 4. 20 мкс	100 кГц Ослабление 40 дБ 40,030 мВ действ.знач.	C1Trace00006 C2Trace00006	Screen66
8	1. 1,2 Канал 2. 20 мВ 3. $100 \cdot 10^3$ 4. 2 мс	1 кГц Ослабление 40 дБ 40,021 мВ действ.знач.	C1Trace00007 C2Trace00007	Screen67