

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

Институт Неразрушающего контроля
 Направление подготовки Приборостроение
 Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы управления вибростендом ИВ5

УДК 62-519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бражанова Дана Корабаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимов Евгений Валерьевич	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой.	Чистякова Н.О.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФМПК	Суржиков А.П.	профессор, доктор физ.- мат.		

Томск – 2016 г.

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

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистеркой диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Бражанова Дана Корабаевна

Тема работы:

Разработка системы управления вибростендом ИВ5

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Разработка системы управления вибростендом фирмы «РосУчПрибор» ИВ5, передача и сохранение информации на ПК с помощью Zetlab.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы, наименование дополнительных разделов,

Аналитический обзор существующих методов и средств регистрации, обработки показаний вибрационных испытаний.

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала	Презентация магистерской диссертации в программе Microsoft Office Power Point 2007

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Н.О.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Английский язык	Ковалева Ю.Ю.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

2. Анализ возможностей Zetlab для организации научно-исследовательских работ.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимов Е.В.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бражанова Дана Корабаевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Бражановой Дане Корабаевне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	«Приборостроение»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расходы на разработку составило С = 515335,8 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	максимально допустимое плановое количество сырья, материалов
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 35269,11р.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Для повышения уровня коммерциализации необходимо учитывать степень завершенности исследований и готовности к внедрению в производство. Перспективность разработки выше среднего, знания разработчика среднее.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Анализ современного состояния методов получения информации с экспериментальных установок измерения вибрации
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	План управления научным проектом включает в себя следующие элементы: план проекта, бюджет научного исследования, организационная структура проекта
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>
6. <i>Потенциальные риски</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
------------------	------------	------------------------	----------------	-------------

		звание		
Зав. кафедрой	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бражанова Дана Корабаевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1БМ4Б	ФИО Бражановой Дане Корабаевне
------------------------	--

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Вибростенд ИВ-5 фирмы РосУчПрибор, имеющийся в научной лаборатории, который обеспечивает возможность изучения параметров вибрации с помощью Zetlab в учебном процессе.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты). 	<p>Выявленные вредные и опасные факторы при работе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - колебательные процессы - повышенный шум. - электромагнитное излучение; - локальное утомление, общее утомление; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - электрический ток; - пожарная опасность.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу 	<p>Анализ воздействия объекта исследования на литосферу гидросферу и атмосферу</p>

<p>(выбросы);</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> –перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; –выбор наиболее типичной ЧС; –разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; –разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Вероятность возникновения техногенной ЧС</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Требования к компоновке рабочей зоны</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Анищенко Ю.В.</p>	<p>Кандидат технических наук</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1БМ4Б</p>	<p>Бражанова Дана Корабаевна</p>		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная **работа 147 с., 31 рис., 31 табл., 28 источников.**

Ключевые слова: вибростенд, изучение информации, акселерометр, Zetlab.

Объектом исследования является вибростенд ИВ5.

Цель работы – разработка системы управления вибростендом ИВ5.

В процессе исследования проводились: обзорный анализ вибростенда ИВ5 кафедры «Измерительная техника и приборостроение», анализ виртуального прибора Zetlab.

В результате исследования были проведены: анализ объекта контроля - вибростенда ИВ5, его функциональных особенностей и технических характеристик; анализ микропроцессорного измерительно-управляющего блока МИУБ; получены результаты с вибростенда, который свою очередь подключен к ФГ-100; исследованы программные средства анализа вибрационных испытаний, а именно компактный, виртуальный прибор которое обеспечено собственным программным обеспечением; изучен модуль ЦАП/АЦП ZET 210 USB, метрологические характеристики применяемого модуля.

Степень внедрения: Лабораторная работа в пределах курса «Приборы и методы исследований» специальности «Приборостроение», Карагандинского Государственного Технического Университета.

В будущем планируется: эксплуатация разработанной системы в пределах лаборатории «Методы и средства измерения» кафедры «Приборостроения» Карагандинского Государственного Технического Университета.

Оглавление

Введение	12
1 Анализ методов и средств измерения параметров вибрации	16
1.1 Основы измерения вибрации	16
1.2 Основы измерения ускорения	21
1.3 Принцип действия и устройство датчика ускорений	23
2 Обзор технологии Zetlab	27
2.1 Виртуальные измерительные приборы	27
2.2 Общие сведения о пакете программ Zetlab	29
2.3 Модуль АЦП-ЦАП ZET 210	35
2.4 Метрологические характеристики АЦП/ЦАП ZET 210	37
2.5 Системные требования	39
2.6 Многоканальный осциллограф	42
2.7 Частотомер	48
3 Анализ возможностей Zetlab для организации научно-исследовательских работ	50
4 Анализ вибростенда ИВ5	57
4.1 Анализ установки лабораторной ИВ5 (вибростенд)	57
4.2 Микропроцессорный измерительно-управляющий блок МИУБ	61
5 Разработка системы управления вибростендом ИВ5	64
5.1 Разработка структурной схемы системы управления вибростендом ИВ5	64
5.2 Выбор операционного усилителя	67
5.3 Выбор персонального компьютера (ПК)	68
6 Результаты исследований	70
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	86
7.1 Предпроектный анализ	86
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	86

7.1.2 SWOT-анализ	87
7.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации	90
7.2 Инициация проекта	93
7.3 Планирование управления научно-техническим проектом	95
7.3.1 План проекта	95
7.3.2. Бюджет научного исследования	97
7.4 Оценка сравнительной эффективности исследования	103
8 Социальная ответственность	108
8.1 Производственная безопасность	108
8.2 Экологическая безопасность	115
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	116
8.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	118
Заключение	120
Список использованной литературы	122
Приложение А	125

Введение

В современной всемирной экономике акцент делается не столько на материальные ценности, сколько на интеллектуальный потенциал. Способность нации поддерживать современную и эффективную систему образования, повышать интеллектуальный потенциал путем обучения становится приоритетным фактором для обеспечения конкурентоспособности страны. Успешная реализация задач в области социально-экономического развития общества и поддержания конкурентоспособности страны становится невозможной без наличия качественной, высокоразвитой системы образования. Поэтому сегодня актуальным становится вопрос развития самой образовательной сферы, необходимости вывода ее на иной качественный уровень. В свою очередь модернизация образовательного комплекса может осуществляться в различных направлениях. Одним из основных выступает реформирование, совершенствование ее основополагающего элемента, своего рода «фундамента» - материально-технической базы [23, 24].

Учебная материально-техническая база университета - это совокупность учебных объектов, материальных и технических средств, предназначенных для обеспечения подготовки студентов по установленным специальностям, а также для выполнения научных исследований и подготовки научно-педагогических кадров. Совершенствование материально-технической базы подразумевает объективную необходимость постоянного наращивания и совершенствования основных фондов путем приобретения, широкого внедрения технических средств для обучения, оснащения учебных лабораторий и кабинетов современным оборудованием и приборами, модернизации лабораторных макетов и стендов, с использованием последних разработок науки и техники, на современной компонентной базе [23, 24].

Развитие и модернизацию материально-технической базы системы образования необходимо также осуществлять и в направлении ее информатизации и внедрения современных технологий обучения, широкого

использования ресурсов сети Интернет, что повышает эффективность организации обучения, улучшает качество предоставляемых услуг [23, 24].

Таким образом, первостепенной задачей является разработка и внедрение новых методов и принципов совершенствования системы образования в Казахстане, подготовки специалистов, имеющих опыт работы с образцами стендов повысит общий уровень качества образования.

В соответствии с требованиями обслуживания технических информационно-измерительных систем производится проверка всех первичных измерителей. При калибровке датчиков производится сравнение на одинаковом уровне вибрации между датчиком-эталоном, и датчиком, подлежащим калибровке. Для создания определенной вибрации используется электромагнитный возбудитель (называемый также вибратором), который преобразует электрический сигнал в механическое движение и в заданном режиме поддерживает определенный уровень или силу вибрации[12].

Испытания на внешнее воздействие предназначены для подтверждения способности оборудования соответствовать заявленным производителем уровням вибрации, ударного воздействия, степени влияния климата и т. д. Нужные параметры могут быть составлены пользователем или поставщиком, в соответствии с определенным национальным или военным стандартом. В таких стандартах описаны процедуры испытаний, однако уровни для отдельных испытаний там не регламентированы[12].

Разработка устройства получения информации с вибростенда является актуальной, так как такие установки используются практически в каждой отрасли промышленности, виброиспытаний, создании виброустойчивых образцов, изучения надёжности конструкций и даже на станциях обязательного техосмотра автомобилей. Следовательно, изучение вибрации и её воздействий является важным пунктом в информационной технике и приборостроении.

В данной магистерской диссертации рассматривается создание устройства получения информации с вибростенда «ИВ5» фирмы РосУчПрибор[12].

Для достижения поставленной цели необходимо создать интерфейсное устройство, которое должно выполнять функции:

- 1) Получение информации с вибростенда ИВ5;
- 2) Передача показаний на персональный компьютер (ПК);
- 3) Обработка и представление результатов ;
- 4) Сохранение информации;

Требуемые технические характеристики:

Полная совместимость с вибростендом ИВ5

Диапазон вибраций 1-500 Гц

Питание – USB

Задача состоит в том, чтобы разработанная методика позволяла получать, сохранять и анализировать результаты вибрационных испытаний в зависимости от частоты, амплитуды и формы сигнала [12].

Для расширения возможностей обработки информации следует предусмотреть в разработанном устройстве выбор каналов с различными характеристиками[12]..

В работе подробно описана лабораторная установка ИВ5, предназначенная для проведения лабораторных работ по изучению технических средств для студентов, реализующих методы измерения вибрации объектов и обработки результатов измерений.

Также подробно описан процесс внедрения результатов научно-исследовательской работы в образовательную деятельность, изучение практических возможностей ZetLab для организации научно-исследовательских работ, разработка исследовательского стенда на ZetLab.

Диссертация состоит из 5 глав: из введения, основной части и заключения.

Апробация результатов. Основные положения данной диссертационной работы были представлены в следующих конференциях:

- VI Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии» с международным участием- г.Томск, 27-30 мая 2015г. Тема статьи «Разработка устройства для получения информации с вибростенда ИВ5»

- Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 7) 10-11 декабря 2015 г. Караганда, КарГТУ. Тема статьи «Анализ работы вибростенда ИВ5 посредством ZETLab на ПК»

- Казахстан, Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 7) 10-11 декабря 2015 г. Караганда, КарГТУ «Исследовательская лабораторная работа на базе вибростенда ИВ-5»

- Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан -2050», Тезисы докладов республиканской студенческой научной конференции, г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, 14-15 апреля 2016г. Тема статьи «ДК жағдайында ИВ5 вибростенді жұмысының сараптамасы»

- Научный техничный сборник «Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining». Разработка родовищ, апрель, 2014. Украина. Тема статьи «Оценка запасов минерального сырья физическими и геофизическими методами»

1 Анализ методов и средств измерения параметров вибрации

1.1 Основы измерения вибрации

Вибрация – это механические колебания тела. Самый простой вид вибрации – это колебание или повторяющееся движение объекта около положения равновесия. Этот тип вибрации называется общей вибрацией, потому что тело перемещается как единое целое и все его части имеют одинаковую по величине и направлению скорости. Положением равновесия называют такое положение, в котором тело находится в состоянии покоя или положение которое оно займет, если сумма действующих на него сил равна нулю[25]. Для описания и измерения механических вибраций используется следующие понятия:

Амплитуда. Колебательные перемещения объекта включают в себя попеременно скорость в одном, а затем в обратном направлении. Такое изменение скорости означает, что объект находится в постоянном ускорении, сначала в одном направлении, а затем в обратном. Вибрация может характеризоваться амплитудными значениями перемещения, скорости и ускорения. Для практического удобства, ускорение обычно измеряется акселерометрами[25].

Максимальная амплитуда – это максимальное отклонение от нулевой точки, или от положения равновесия. Размах – это разница между положительным и отрицательным пиками. Для синусоидального колебания размах в точности равен удвоенной пиковой амплитуде, так как временная реализация в этом случае симметрична. Среднеквадратическое значение амплитуды (СКЗ) равно квадратному корню из среднего квадрата амплитуды колебания. Фаза есть мера относительного сдвига во времени двух синусоидальных колебаний. Разность фаз двух колебаний часто называют сдвигом фазы. Сдвиг фазы в 360 градусов представляет собой временную

задержку на один цикл, или на один период, это означает полную синхронность колебаний[25].

Современные технологии требуют непрерывного контроля за многими параметрами технологического процесса и контроля состояния оборудования. Одними из важнейших являются параметры механического движения, в частности параметры периодических перемещений исследуемого объекта в пространстве (вибрации). Этими параметрами являются виброперемещение (амплитуда вибрации) и виброскорость (частота вибрации), виброускорение [21].

Виброускорение – это значение вибрации, прямо связанное с силой, вызвавшей вибрацию. Виброускорение характеризует то силовое динамическое взаимодействие элементов внутри агрегата, которое вызвало данную вибрацию. Обычно отображается амплитудой (Пик, Peak) - максимальное по модулю значение ускорения в сигнале. Применение виброускорения теоретически идеально, т. к. пьезодатчик (акселерометр) измеряет именно ускорение и его не нужно специально преобразовывать. Недостатком является то, что для него нет практических разработок по нормам и пороговым уровням, нет общепринятого физического и спектрального толкования особенностей проявления виброускорения. Успешно применяется при диагностике дефектов, имеющих ударную природу - в подшипниках качения, редукторах [25].

Виброскорость – это скорость перемещения контролируемой точки оборудования во время её прецессии вдоль оси измерения. В практике измеряется обычно не максимальное значение виброскорости, а ее среднеквадратичное значение, СКЗ (RMS). Физическая суть параметра СКЗ виброскорости состоит в равенстве энергетического воздействия на опоры машины реального вибросигнала и фиктивного постоянного, численно равного по величине СКЗ. Использование значения СКЗ обусловлено ещё и тем, что раньше измерения вибрации велись стрелочными приборами, а они все по

принципу действия являются интегрирующими, и показывают именно среднеквадратичное значение переменного сигнала [25].

Из двух широко применяемых на практике представлений вибросигналов (виброскорость и виброперемещение) предпочтительнее использование виброскорости, так как это параметр, сразу учитывающий и перемещение контролируемой точки и энергетическое воздействие на опоры от сил, вызвавших вибрацию. Информативность виброперемещения может сравниться с информативностью виброскорости только при условии, когда дополнительно, кроме размаха колебаний, будут учтены частоты, как всего колебания, так и его отдельных составляющих. На практике сделать это весьма проблематично [25].

Для измерения СКЗ виброскорости используются самые простые приборы – виброметры. В более сложных приборах (виброанализаторах) также всегда присутствует режим виброметра. Виброперемещение (вибросмещение, смещение) показывает максимальные границы перемещения контролируемой точки в процессе вибрации. Обычно отображается размахом (двойной амплитудой, Пик-Пик, Peak to peak). Виброперемещение – это расстояние между крайними точками перемещения элемента вращающегося оборудования вдоль оси измерения [25].

И так, такой контроль необходим в самых различных отраслях: в полупроводниковой электронике (проверка влияния вибрации на установки промышленности (контроль вибрации отдельных узлов автомобилей и всего автомобиля в целом), на железнодорожном транспорте (датчики приближения поезда), в энергетике (контроль вибрации лопаток газовых турбин), в авиастроении (контроль биений турбин) и так далее [21]. Так как часто условиями работы установок на высоких скоростях и применением инновационных конструкций в современном оборудовании классические статические испытания на сжатие, изгиб и растяжение не являются достаточными [21]. Необходимы динамические испытания, что и является

причиной распространения вибрационных испытаний. При разработке новейших систем в обязательном порядке вибрационные испытания проводятся, как часть программы контроля качества, наряду с такими испытаниями, как тепловые, климатические, и так далее. Испытуемый объект подвергается воздействию вибрации определенного уровня, в соответствии с процедурой, определенной национальными и международными стандартами [21].

Существует две группы методов измерения параметров вибрации: контактные, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и бесконтактные, т.е. не связанные с объектом механической связью [21].

Контактные методы. Наиболее простой метод измерения вибрации с помощью пьезоэлектрических датчиков. Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в диапазоне низких частот и относительно больших амплитуд вибрации, но вследствие своей высокой инерционности, приводящей к искажению формы сигнала делает невозможным измерение вибрации высокой частоты и малой амплитуды. Кроме того, если масса исследуемого объекта, а следовательно и его инерционность не велика, то такой датчик может существенно влиять на характер вибрации, что вносит дополнительную ошибку в измерения [21].

Эти недостатки позволяет устранить метод открытого резонатора. Суть метода заключается в измерении параметров СВЧ резонатора, изменяющихся вследствие вибрации исследуемого объекта. Резонатор имеет два зеркала, причем одно из них фиксировано, а другое механически связано с исследуемым объектом. Регистрация перемещений при малых амплитудах вибрации производится амплитудным методом по изменению выходной мощности в случае проходной схемы включения резонатора или отраженной мощности, в случае применения оконечного включения. Этот метод измерения требует постоянства мощности, подводимой к резонатору и высокой стабильности частоты возбуждения [21].

В случае больших амплитуд вибрации регистрируется смещение резонансной частоты, это можно сделать с очень высокой точностью. Для повышения добротности и уменьшения дифракционных потерь используют сферические зеркала. Разрешающая способность данного метода 3 мкм. Метод обладает малой инерционностью по сравнению с описанным выше, но его применение рекомендуется, если масса зеркала принципиально меньше массы исследуемого объекта [21].

Однако механическая связь датчика с исследуемым объектом далеко не всегда допустима, поэтому последние годы основное внимание уделяется разработке бесконтактных методов измерения параметров вибрации. Кроме того, их общим достоинством является отсутствие воздействия на исследуемый объект и пренебрежительно малая инерционность [21].

Все бесконтактные методы измерения вибрации основаны на зондировании объекта звуковыми и электромагнитными волнами.

Одной из последних разработок считается метод ультразвуковой фазометрии. Он заключается в измерении текущего значения разности фаз опорного сигнала ультразвуковой частоты и сигнала, отраженного от исследуемого объекта. В качестве чувствительных элементов используется пьезоэлектрическая керамика [21].

На частоте ультразвука 240 кГц. чувствительность измерения виброперемещения 10 мкм. в диапазоне от 10 до 5*10 мкм., расстояние до объекта до 1.5 м. На частоте 32 кГц. чувствительность 30 мкм., расстояние до объекта до 2 м. С ростом частоты зондирующего сигнала чувствительность растет. В качестве достоинств метода можно отметить дешевизну и компактность аппаратуры, малое время измерения, отсутствие ограничения снизу на частотный диапазон, высокую точность измерения низкочастотных вибраций. Недостатками являются сильное затухание ультразвука в воздухе, зависимость от состояния атмосферы, уменьшение точности измерения с ростом частоты вибрации [21].

Большое распространение получили методы, основанные на зондировании объекта видимым светом. Все оптические методы подразделяются на две группы. К первой относятся методы, основанные на регистрации эффекта Доплера. Простейшим из них является гомодинный метод, который позволяет измерять амплитуды и фазы гармонических вибраций, но с его помощью невозможно исследовать негармонические и большие по амплитуде вибрации. Эти недостатки устраняются используя гетеродинные методы. Но они требуют калибровки и, кроме того, измерительная аппаратура сильно усложняется[21].

Существенным недостатком перечисленных выше методов являются высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта. Но они теряют свое значение при использовании голографических методов, которые и образуют вторую группу. Голографические методы обладают высокой разрешающей способностью (до 0.05), но они требуют сложного и дорогостоящего оборудования. Кроме того, время измерений очень велико[21].

Общими недостатками оптических методов измерения вибрации являются сложность, громоздкость и высокая стоимость оборудования, большое энергопотребление, высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта, высокие требования к состоянию атмосферы (определенная влажность, отсутствие запыленности и т.п.). Кроме того, лазерное излучение оказывает вредное влияние на зрение обслуживающего персонала и требует дополнительных мер предосторожности и защиты[21].

1.2 Основы измерения ускорения

Ускорение — динамическая характеристика объекта. Согласно второму закону Ньютона оно возникает только после приложения к объекту какой-либо силы. Перемещение объекта, его скорость и ускорение являются взаимосвязанными физическими величинами: скорость — это первая

производная от перемещения, ускорение — его вторая производная. Однако взять производную сильно зашумленного сигнала практически невозможно, поскольку это приводит к возникновению очень больших погрешностей даже при использовании очень сложных схем обработки. Поэтому скорость и ускорение объектов нельзя определять по данным, полученным при помощи детекторов перемещений, и для этого необходимо применять специальные схемы. Как правило, в низкочастотной области (в полосе частот порядка 1 Гц) довольно хорошую точность измерений обеспечивают датчики положения и перемещения объектов. В зоне средних частот (менее 1 кГц) уже предпочтительнее использовать датчики скорости. Тогда как на высоких частотах, когда перемещения соизмеримы с уровнем шума, применяются датчики ускорения [26].

Измерение линейных ускорений возможно инерциальным методом, методом дифференцирования скорости полета и методом двукратного дифференцирования расстояния до неподвижной базы [27].

Инерциальный метод заключается в измерении силы, развиваемой инерционной массой при ее движении с ускорением. Приборы и датчики, основанные на этом принципе действия, называются акселерометрами. В зависимости от способа измерения силы различают акселерометры *пружинные* и *компенсационные*.

В пружинных акселерометрах сила, развиваемая инерционной массой, вызывает упругую деформацию пружины, которая создает противодействующую силу. Деформация пружины служит мерой измеряемого ускорения и при необходимости преобразуется в электрический сигнал.

В компенсационных акселерометрах инерционная сила уравновешивается силой, развиваемой магнитоэлектрическим или другим преобразователем. Эта сила пропорциональна силе тока, которая и служит выходным сигналом. Структурная схема таких акселерометров содержит позиционную отрицательную обратную связь.

Инерциальный метод используется также и в интегрирующих акселерометрах, сигнал которых пропорционален интегралу от линейного ускорения за определенный промежуток времени.

Интегрирующие акселерометры отличаются тем, что противодействующая сила является не позиционной, а скоростной. Интегрирующие акселерометры могут быть *прямого* измерения, в которых противодействующая сила создается демпфером со стабильным коэффициентом демпфирования, и *компенсационные*, в которых для создания противодействующей силы применяется скоростная обратная связь.

Существуют также компенсационные акселерометры с двукратным интегрированием ускорений; противодействующая сила создается обратной связью по относительному ускорению инерционной массы.

Метод дифференцирования скорости полета заключается в дифференцировании одним из известных способов сигнала датчика скорости полета. Возможно дифференцирование не только электрических сигналов, но и пневматических. Например, если подать полное давление встречного потока воздуха в вариометр, то показания последнего будут функцией продольного ускорения.

Метод двукратного дифференцирования расстояния до неподвижной базы пригоден в основном для измерения вертикального ускорения и заключается в двукратном дифференцировании одним из известных способов сигнала высотомера [26,27].

1.3 Принцип действия и устройство датчика ускорений

Акселерометры считаются устройствами с одной степенью свободы. В состав всех акселерометров входят: специальный элемент, называемый *инерционной массой*, движение которого отстает от движения корпуса, упругая поддерживающая система (пружина) и демпфирующее устройство (рисунок 1.1). Независимо от конструкции датчика ускорений его основная цель

заключается в детектировании перемещения этой массы относительно корпуса устройства и преобразовании его в пропорциональный электрический сигнал. Поэтому другой составной частью всех акселерометров является детектор перемещений, способный измерять микроскопические амплитуды вибрационных колебаний или линейных ускорений.

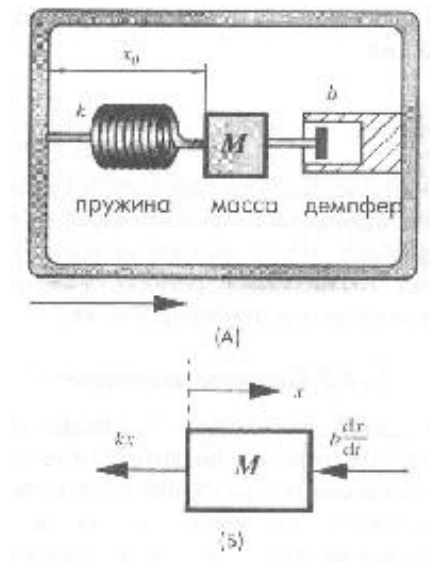


Рисунок 1.1 - Механическая модель акселерометра и диаграмма сил, действующих на тело массы

Поскольку инерционный элемент может перемещаться только в одном направлении, акселерометр имеет только одну степень свободы. На рисунке 1.1 показана диаграмма сил, действующих на свободное тело массы M . Отметим, что x_0 равно сумме смещения тела от равновесного состояния x и некоторого фиксированного расстояния. Применяя второй закон Ньютона, получаем следующее соотношение [3]:

$$Mf = -kx - b \frac{dx}{dt}, \quad (1.1)$$

где f - ускорение инерционной массы с учетом ускорения свободного

падения:

$$f = \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{d^2 y}{dt^2}. \quad (1.2)$$

Подставив это выражение в уравнение (1.1), получим требуемое уравнение движения:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = M \frac{d^2 y}{dt^2}. \quad (1.3)$$

Для решения этого уравнения удобно воспользоваться преобразованиями Лапласа, применив которые, получим выражения [3]:

$$Ms^2 X(s) + bsX(s) + kX(s) = -MA(s), \quad (1.4)$$

где $X(s)$ и $A(s)$ – преобразования Лапласа для перемещения $x(t)$ и ускорения на входе акселерометра d^2y/dt^2 . Решая его относительно $X(s)$, получают

$$X(s) = \frac{MA(s)}{Ms^2 + bs + k}. \quad (1.5)$$

Вводя удобную переменную $\omega_0 = \sqrt{k/M}$, а также обозначая $2\xi\omega_0 = b/M$. Тогда уравнение (1.5) примет вид [3]:

$$X(s) = \frac{A(s)}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega^2}. \quad (1.6)$$

Значение ω_0 – это собственная угловая частота акселерометра, а ξ – нормализованный коэффициент затухания. Считаем, что

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega^2}, \quad (1.7)$$

тогда уравнение (1.6) принимает вид:

$$X(s) = G(s)A(s). \quad (1.8)$$

Решая это уравнение, получим [3]:

$$x(t) = \int_0^t g(t-\tau)a(\tau)d\tau, \quad (1.9)$$

где a – зависимость амплитуды сигнала акселерометра от времени, а $g(t)$ – обратное преобразование Лапласа.

При $\omega = \omega_0\sqrt{1-\xi^2}$ уравнение (1.9) имеет два решения. Одно для затухания ниже критического ($\xi < 1$):

$$x(t) = \int_0^t -\frac{1}{\omega} e^{-\xi\omega_0(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau)a(\tau)d\tau, \quad (1.10)$$

а другое – для затухания выше критического ($\xi > 1$):

$$x(t) = \int_0^t -\frac{1}{\omega} e^{-\xi\omega_0(t-\tau)} \sinh \omega(t-\tau)a(\tau)d\tau, \quad (1.11)$$

Во втором уравнении $\omega = \omega_0\sqrt{\xi^2-1}$. По этим выражениям можно определить выходной сигнал акселерометра при разных входных сигналах [26].

2 Обзор технологии Zetlab

2.1 Виртуальные измерительные приборы

В последнее время измерения почти полностью перешли на цифровые методы, расширяются диапазоны измеряемых величин, в измерительных системах широко применяют микроэлектронику, появилась необходимость в измерении характеристик случайных процессов. Появился новый класс информационно-измерительной техники – измерительные информационные системы, осуществляющие сбор, обработку, передачу, хранение и отображение информации. Создан новый раздел теории и практики измерений – виртуальные приборы (Virtual Instruments, виртуальный -кажущийся) и интеллектуальные измерительные системы [1].

ПК как универсальное устройство выполняет функции измерительного прибора, при этом непосредственно им не является. Работа реальных измерительных приборов имитируется в ПК с помощью программного обеспечения, т. е. проходит в виртуальном режиме; такие приборы можно называть виртуальными [2].

Виртуальный информационно-измерительный прибор – это компьютер, оснащенный набором аппаратных и программных средств, выполняющий функции информационно-измерительного прибора или системы, максимально приближенный к решению задачи. В научных исследованиях, диагностических, статических и интеллектуальных системах компьютеры используются для решения задач управления измерительными экспериментами, сбора, регистрации, обработки и систематизации данных, представления и хранения результатов наблюдений. При этом часть функций и операций осуществляется программно с помощью персонального компьютера. Аппаратная информационно-измерительная часть приборов и систем реализуется в конструктиве стандартной платы и автономного модуля компьютера [1].

Виртуальный прибор (ВП) представляет собой комбинацию компьютера, универсальных аппаратных средств ввода-вывода сигналов и специализированного программного обеспечения (ПО), которое и определяет конфигурацию и функционирование законченной системы. По сути, в руках создателя системы – конструктор, из которого инженер или исследователь может построить измерительный прибор любой сложности. В этом случае требования задачи и соответствующее этому ПО, а не возможности прибора определяют функциональные характеристики законченного прибора [1].

Виртуальные приборы на базе портативных компьютеров используют возможности измерительных плат уровня высококачественных приборов и универсальность ПЭВМ. Это – новый класс готовых к работе, программируемых измерительных приборов использующий постоянно увеличивающиеся вычислительные возможности и гибкость в использовании настольного или портативного компьютера [1].

Основные достоинства:

- объем измерительной информации практически неограничен;
- богатые возможности представления и обработки информации;
- настраиваемый интерфейс пользователя;
- расширяемость; – запись времени и комментариев вместе с данными;
- автоматизация процесса измерений;
- встроенные в измерительные процедуры возможности мультимедиа;
- доступ в Интернет для распространения данных по всему миру;
- взаимодействие с базами данных и информационными системами.

Автоматизированные средства разработки прикладных приложений, например как LabVIEW фирмы National Instruments (США), Zetlab фирмы ЭТМС (Россия), DIAdem фирмы Gfs mbH (Германия) делают простым процесс создания как специализированных устройств, так и универсальных, комбинирующих возможности нескольких приборов [1].

2.2 Общие сведения о пакете программ Zetlab

В лаборатории кафедры «Измерительная техника и приборостроение» имеется комплект, состоящий из 4-х лабораторных установок с измерительно-управляющими блоками, методического обеспечения для проведения лабораторных работ. Например, как лабораторная установка «Методы и технические средства измерения вибрации» ИВ5 или «Методы и технические средства измерения ускорения» ИВ 3. В качестве виртуального прибора и измерительного устройства ввода/вывода сигналов на кафедре для этих установок используют плату АЦП/ЦАП ZET 210. Программные и аппаратные средства Zetlab компьютерной автоматизации измерений, управления и моделирования находят большое применение как и в других отраслях, так и в образовании [2]. А так же, особенностью Zetlab является предназначение для решения задач измерения и управления в области тензометрии, термометрии, вибрации, сейсмоки и т.д.

Компоненты Zetlab Studio [3] призваны максимально упростить процесс создания пользовательских приборов и приложений для измерения и обработки сигналов. Здесь есть все, что необходимо для построения мощных измерительно-вычислительных комплексов. Прилагая минимум усилий, средств и времени, возможно сконструировать универсальный прибор, необходимый для решения практически любой задачи [4].

В составе аппаратных средств присутствуют практически все компоненты современных измерительно-управляющих комплексов: универсальные платы сбора и вывода аналоговых и цифровых сигналов, мультиметры, генераторы, распределенные измерительно-управляющие контроллеры, согласующие устройства на шинах PCI, USB и Ethernet и т.д. Концепция виртуальных приборов позволяет значительно расширить функциональность создаваемых испытательных и измерительных систем при одновременном сокращении трудозатрат на их разработку. Zetlab-Studio

представляет собой набор встраиваемых компонент для быстрой и эффективной разработки измерительных, контрольных и управляющих программ [4].

С помощью Zetlab таким инструментом может стать обычный компьютер, либо небольшая портативная машина типа ноутбук, оснащенные дополнительными устройствами ввода информации. Zetlab Studio, подобно LabVIEW - интегрированная среда разработчика для создания программ сбора, обработки данных и управления периферийными устройствами. Программирование осуществляется на любом объектно-ориентированном языке программирования MS Visual Basic, MS Visual C++, Borland Delphi, Borland C++ Builder с использованием библиотечных элементов и готовых программ Zetlab. Сочетание широко используемого языка программирования и большого количества разнообразных компонент позволяет значительно сократить время разработки сложных систем при сохранении высокой скорости выполнения программ. Библиотеки современных алгоритмов обработки и анализа данных превращают Zetlab в универсальный инструмент создания интегрированных систем на базе персональных компьютеров[4].

В комплект Zetlab входит более 100 различных готовых программ, компонент и библиотек, которые вы можете интегрировать в свои приложения. В основу пакета программ-приборов Zetlab заложен принцип одновременной работы многих программ. При использовании других пакетов, которые монополюно владеют ресурсами устройств ввода/вывода вам необходимо в одной программе осуществлять установку параметров ввода сигналов, вводить сигнал, обрабатывать его, создавать сигналы и отображать результаты. В пакете Zetlab Studio необходимо всего лишь подобрать набор необходимых инструментов и связать их в один проект. Таким образом, Zetlab Studio дает возможность избежать сложностей обычного "текстового" и "графического" программирования[4].

Как правило, любой программный пакет покрывает только один аспект поставленной задачи, но не решает все проблемы: сбор данных, их анализ, представление и управление. Zetlab предоставляет все необходимые средства, объединенные единой методологией, поэтому вам вряд ли понадобится покидать среду Zetlab. В наличии имеется свыше 50 различных готовых программ - виртуальных приборов общего назначения: осциллографы, самописцы, вольтметры, частотомеры, узкополосные и долеоктавные анализаторы, корреляторы, регистраторы, генераторы различных сигналов, фильтры верхних и нижних частот, устройство цифрового ввода-вывода и специализированных приборов: измерители нелинейных искажений, измерители амплитудно-фазовых-частотных характеристик, генераторы с обратной связью, программы для модального и порядкового анализа[2].

На основе готовых приборов возможно собрать свой испытательный или измерительный стенд или систему управления производственным циклом или систему мониторинга. Нажатием на одну кнопку сохраняется проект и можно запускать его по мере необходимости. Все виртуальные приборы-программы работают как в реальном времени, так и в режиме обработки оцифрованных сигналов в виде файлов. Средства регистрации и воспроизведения сигналов позволяет записывать сигнал и обрабатывать его с применением различных алгоритмов. Это существенно минимизирует время разработки и отладки законченной системы[3].

Масштабируемость пакета Zetlab позволяет использовать одновременно в одном персональном компьютере несколько различных устройств ввода/вывода. Так для медленноменяющихся сигналов можете использовать многоканальные устройства АЦП, для быстроменяющихся - высокопроизводительные АЦП [3].

Связав в локальную сеть несколько компьютеров, есть возможность работать с одним измерительным трактом на нескольких компьютерах в реальном масштабе времени. Это особенно полезно при проведении учебного

процесса. Также это широко используется в системах непрерывного контроля и мониторинга, когда один компьютер используется для непрерывной записи сигналов и выдачи предупреждающих сигналов, и другой компьютер используется для проведения диагностики контролируемых узлов[2].

Существенным достоинством пакета Zetlab является то, что многие виртуальные приборы в комплекте с устройствами ввода/вывода сертифицированы как средства измерения (СИ) и внесены в реестр СИ Российской Федерации и Республики Казахстан[3].

Возможно также написать собственные приложения [3], управляющие виртуальными приборами и собирающими от них результаты. В этом случае существенно упрощается метрологическая аттестация собранной таким образом системы. Для управления существующими программами используется компонент Unit. У виртуальных приборов есть возможность записать результаты в файл. В пакете Zetlab предусмотрено все для создания отчетов в Microsoft Excel и Word с минимальными затратами ресурсов. Кроме того, вы имеете широкие возможности по манипулированию данными - запись/чтение с диска, передача по сети и печать на принтере или плоттере [3].

Программа виртуального прибора может быть написана на любом объектно-ориентированном языке программирования[3]. В программу устанавливаются различные программные компоненты, отвечающие за ввод/вывод аналоговых и цифровых данных, графическое отображение двумерных и трехмерных графиков, X-Y графиков, графиков в полярных координатах, интегральных уровней, цифровых индикаторов. В программу также можно ставить стандартные компоненты объектно-ориентированного языка: кнопки, текстовые блоки, диалоги открытия файлов и многие другие. Большое количество учебников и примеров по существующим языкам программирования позволяет изучать их до любой степени детализации. Все компоненты самодокументированы, что позволяет достаточно быстро освоить необходимые команды[3].

Zetlab Studio - это интегрированный набор инструментов и библиотек классов на подобии LabVIEW для Visual Studio.NET, Visual Studio 6.0, Borland Delphi, которые используются при решении задач измерений и автоматизации. Zetlab-Studio существенно ускоряет процесс разработки приложений благодаря поддержке ActiveX- и .NET-объектов, объектно-ориентированных аппаратных измерительных интерфейсов, а также наличию дополнительных библиотек анализированных, элементов управления, средств передачи данных по сети, мощных графических библиотек для представления данных [4].

Для каждого типа измерений Zetlab Studio, как и LabVIEW предоставляет пользовательские элементы интерфейса, которые можно при необходимости размещать и совмещать произвольным образом для решения каждой конкретной задачи[4]. Среди доступных элементов управления есть различные кнопки, ручки, ползунки, светодиоды и измерительные приборы. Для представления результатов анализа имеются программы для представления данных в графическом виде, X-Y-представлении, двух и трехмерной графике, в полярных координатах, с аналоговым эффектом послесвечения электронно-лучевой трубки. Удобная система масштабирования графиков, плавное перемещение курсора, сохранение графических данных для отчетов в редакторах Microsoft Excel и Word позволяют быстро получать необходимые результаты для последующей печати. Широкий набор элементов, имеющихся в Zetlab Studio, дает возможность осуществлять более информативное представление данных, по сравнению с традиционными приборами[4].

Вне зависимости от задачи, скорость выполнения программы является важнейшим фактором анализа данных. Библиотеки анализа используют максимум вычислительных возможностей персонального компьютера. Виртуальные приборы оптимизированы для использования математического сопроцессора, MMX, SSE1, SSE2 и технологии HyperThreading. Существуют специализированные библиотеки, использующие вычислительные возможности

цифровых DSP-процессоров, установленных на платах АЦП ЦАП нашего предприятия[4].

Большинство задач испытаний, измерений или исследований можно представить в виде последовательности логических действий "накопления–обработки–представления результатов"[4]. В Zetlab-Studio предусмотрены отдельные компоненты для каждой операции. Возможно компоновать их в своей программе для создания своих приложений как в конструкторе. Все эти кубики оптимизированы по быстродействию и надежности. Для любой задачи могут быть подобраны оптимальные аппаратные и программные средства, для того чтобы эффективно решить задачу:

- накопление данных;
- обработка и анализ данных;
- представление результатов;
- примеры программирования.

В отличие от других аналогичных систем, таких как LabVIEW в Zetlab Studio не предполагается отдельного языка программирования и/или интерпретатора[4]. Пользовательские программы создаются на языках программирования Visual Basic, Visual C, Delphi. Для поддержки пользовательских программ написаны следующие подпрограммы:

ZETServer - сервер данных;

Grid - графический компонент отображения зависимостей $Y(x)$;

Gamma - графический компонент отображения двухмерной и трехмерной графики;

ZADC - библиотека работы с модулями АЦП и ЦАП;

PlotterXY - графический компонент отображения зависимостей $X(t)$ - $Y(t)$ в двухмерном и трехмерном виде;

Polar - графический компонент отображения графиков в полярных координатах;

Unit - компонент управления приборами (модуль управления и автоматизации);

DSP - библиотека программ обработки сигналов с использованием возможности процессоров Pentium IV (MMX, SSE, SSE2) [4].

Существует несколько уровней доступа к оцифрованным данным и получаемым результатам.

Пользовательские программы могут работать непосредственно с драйверами модулей АЦП ЦАП, при этом с одним драйвером могут работать несколько программ и в том числе программа сервера данных ZETServer. В этом случае программы получают данные от АЦП в целочисленном формате без всяких преобразований[4].

2.3 Модуль АЦП-ЦАП ZET 210

Стоит рассказать более подробно о модуле АЦП/ЦАП ZET 210, который имеется в наличии на кафедре «Измерительная техника и приборостроение». Модуль АЦП/ЦАП ZET 210 предназначен для измерений параметров сигналов в широком частотном диапазоне (с частотой дискретизации до 400 кГц), поступающих с различных первичных преобразователей. Цифровой и аналоговый выходы могут использоваться в цепях управления различными исполнительными механизмами. При помощи специального крепежа возможна установка модуля ZET 210 на DIN-рейку. Модуль ZET 210 является универсальной измерительной лабораторией на ладони, не большое по размерам. Но многофункциональное устройство. Для включения модуля не понадобится вскрывать компьютер – подключение к ЭВМ и питание осуществляется по шине USB 2.0 (рисунок 2.1). Подключается переходник на разъем типа BNC, после осциллографом можно пользоваться. После того как подключили клеммную колодку можно проводить измерения и анализ электрических сигналов, так как в комплект поставки ZET 210 входит базовое

программное обеспечение [5]. В данной работе вышеуказанный модуль подключен на лабораторный стенд ИВ 5, то есть на вибростенд.



Рисунок 2.1 – Аналого-цифровой преобразователь Zet-210 USB

Дополнительно измерительный прибор может комплектоваться флэш-накопителем. С этой опцией модуль ZET 210 превращается в автономный регистратор (с суммарной частотой дискретизации до 20 кГц). Сценарий записи (каналы, частота дискретизации, режим записи и т.д.) задается с компьютера программой автономный регистратор. При подаче питания на модуль от блока аккумуляторов или преобразователя 220 В>5 В, модуль работает автономно, без компьютера. Для последующей обработки записанных временных реализаций модуль АЦП-ЦАП подключается к ПК по шине USB 2.0 и работает в режиме воспроизведения сигналов из файлов [5]. К цифровому порту модуля АЦПЦАП можно подключить модуль Bluetooth. При наличии в компьютере устройства Bluetooth, ZET 210 подключается к нему по интерфейсу Bluetooth. В такой конфигурации может быть реализован беспроводной токосъемник. На движущуюся часть механизма устанавливаются датчики,

ZET210 с модулем Bluetooth и блоком аккумуляторов. В неподвижной части находится компьютер с программным обеспечением Zetlab. Базовое программное обеспечение Zetlab, поставляемое с модулем ZET210, позволяет приступить к процессу измерения и управления сразу после подключения к персональному компьютеру. В него уже входят все необходимые программы для проведения испытаний и измерений[5].

Большой динамический диапазон входных каналов ZET 210 освобождает пользователя от переключения коэффициентов усиления. Модуль функционирует в режиме непрерывного ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов в память персонального компьютера с возможностью цифровой обработки сигналов. Оцифровывание выбранных каналов происходит последовательной коммутацией ключей с использованием одного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). В модуле используется АЦП последовательного приближения. Соотношение сигнал/шум составляет 86 дБ. Эффективная разрядность - 15 бит. Модуль АЦП предназначен для оцифровки сигналов постоянного уровня и переменного напряжения. Также, в модуле отсутствует антиэлайзинговый фильтр входных сигналов. Поэтому по входу не рекомендуется подавать на аналоговые входы сигналы с частотой более половины частоты дискретизации[5].

Для расширения функциональных возможностей измерительного прибора ZET 210, универсализации и увеличения номенклатуры подключаемых датчиков используется предварительный усилитель ZET 410 или ZET 411. К одному компьютеру можно подключать до 10 различных модулей АЦП/ЦАП, что позволяет создавать мобильные измерительные комплексы[5].

2.4 Метрологические характеристики АЦП/ЦАП ZET 210

Аналого-цифровой преобразователь Zet-210 Sigma USB предназначен для измерения параметров сигналов в широком частотном диапазоне (с часто-

той дискретизации до 500 кГц), поступающих с различных первичных преобразований. Модуль работает в режиме непрерывного ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов в память персонального компьютера с возможностью цифровой обработки сигналов. Оцифровывание выбранных каналов происходит последовательной коммутацией ключей с использованием одного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [9]. Аналого-

цифровой преобразователь Zet-210 «Sigma USB», позволяет подключать и обрабатывать разнородные источники сигналов с различными частотными диапазонами и проводить сравнительный анализ. Цифровой ввод/выход служит для контроля и управления дискретными элементами: реле переключатели, концевые датчики. Модуль может быть использован автономно в качестве контроллера для систем сбора и обработки сигналов, управления различными устройствами и исполнительными механизмами[9]. На рисунке 2.1 изображен данный аналого-цифровой преобразователь.

Аналого-цифровой преобразователь Zet 210 «Sigma USB», является переносным прибором, который подключается к ПЭВМ кабелем HighSpeed USB2.0. Интерфейс HighSpeed USB2.0 служит для быстрой передачи данных между прибором и компьютером, а также для питания прибора.

Аналоговый вход/выход (разъем DB-25) является входами аналого-цифрового и выходами цифро-аналогового преобразователей[9].

Таблица 1.1 - Основные технические характеристики ZET 210

Аналоговый вход (АЦП)	
Количество входов	16 синфазных/8 дифференциальных
Частота преобразования	До 500 кГц
Количество разрядов АЦП	16
Максимальное входное напряжение/ток	±7 В/4-20А
Динамический диапазон	84 дБ

Продолжение таблицы 1.1

Входное сопротивление	2 кОм/100Ом
Защита входов при включенном питании	±30 В
Защита входов при выключенном питании	±30 В
Межканальное проникновение	-72 дБ
Аналоговый выход (ЦАП)	
Количество выходных каналов	2
Частота преобразования	До 500 кГц
Максимальное выходное напряжение	±2,5
Максимальный выходной ток	10 мА
Количество разрядов ЦАП	14
Цифровой вход/выход	
Количество бит на вход/выход	14 бит
FIFO-буфер	16 слов
Тип логики	TTL
Дополнительные характеристики	
Габаритные размеры, мм	90 x 110 x 35
Вес, кг	0,2
Тип разъема аналогового входа/выхода (ответная часть входит в комплект)	DSUB DB-25
Тип разъема цифрового входа/выхода (ответная часть входит в комплект)	DSUB DB-15

2.5 Системные требования

1. Процессор Intel®, Pentium® или совместимый с ними, с тактовой частотой 1,7 ГГц;

2. Операционная система Microsoft® Windows® XP с пакетом обновлений SP1 или SP2;

3. Наличие интерфейса HighSpeed USB2.0.

4. Тактовая частота процессора – не менее 1,7 ГГц

5. Оперативная память – не менее 512 Мб.

6. Свободное место на диске – не менее 200 Мб.

7. Видеокарта с 3D- графическим ускорителем, не менее 32 Мб памяти.

8. Привод CD-ROM для установки программ

9. наличие стандартной клавиатуры или иного устройства ввода (сенсорный экран, графический планшет)

Программное обеспечение

Базовое обеспечение Zetlab:

- вольтметры переменного и постоянного тока;
- амперметры постоянного и переменного тока;
- многоканальный осциллограф;
- частотомер, фазометр, тахометр, омметр;
- программы тензометрических и термометрических измерений;
- программа просмотра результатов измерений;
- программа генерации сигналов различной формы[7].

Вольтметр переменного тока

Программа предназначена для измерения напряжения. Отображение измеряемой информации производится в нескольких режимах:

- среднеквадратическое
- амплитудное
- пиковое значение напряжения переменного тока

Для запуска программы «Вольтметр переменного тока» необходимо из меню «Измерение» панели Zetlab выбрать команду «Вольтметр переменного тока» (рисунок 2.2). В заголовке окна программы будет отображаться название

программы и название канала, по которому измеряется СКЗ и пиковое значение напряжения переменного тока[7].

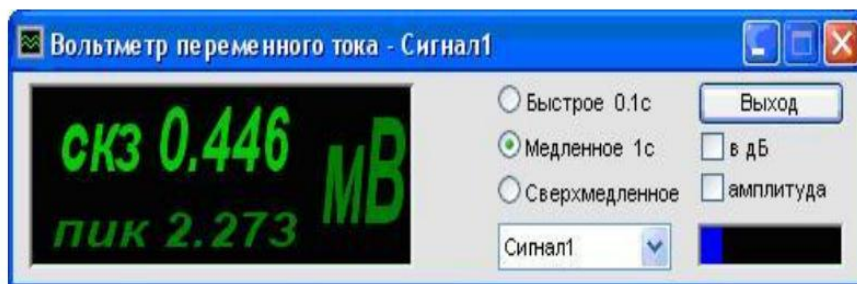


Рисунок 2.2 - Вольтметр переменного тока в программе

Вольтметр постоянного тока

Программа предназначена для измерения напряжения постоянного тока.

Для того чтобы запустить программу «Вольтметр постоянного тока» необходимо из меню «Измерение» панели Zetlab выбрать команду «Вольтметр постоянного тока» (рисунок 2.3). На экране монитора отобразится рабочее окно программы «Вольтметр постоянного тока». В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название канала, по которому измеряется напряжение постоянного тока[7].

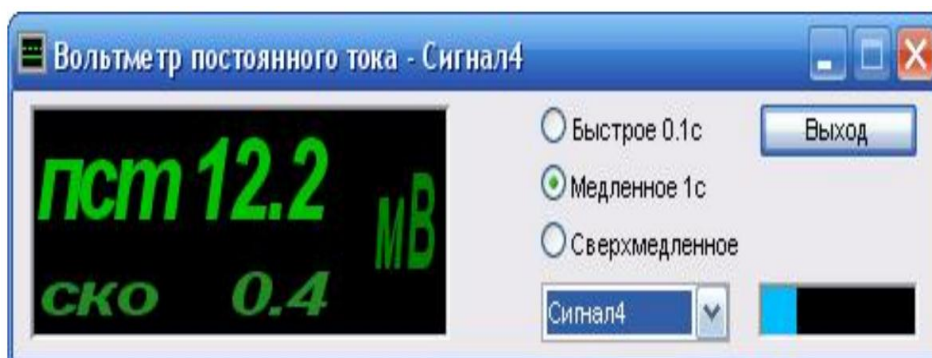


Рисунок 2.3 - Вольтметр переменного тока в программе

2.6 Многоканальный осциллограф

Программа «Многоканальный осциллограф» предназначена для оценки формы сигнала и измерения мгновенных значений. Синхронно могут отображаться несколько сигналов, взятых в один промежуток времени, каждый в своих единицах измерения. Для сравнения сигналов их осциллограммы можно отобразить в одних осях координат[7].

Основные функции программы[10]

- непрерывное отображение формы и амплитуды сигналов, поступающих на входные каналы модулей АЦП и анализаторов спектра и виртуальные каналы на разных графиках или на одном графике;
- задание временного интервала отображения сигналов;
- выбор частотного диапазона отображаемых сигналов (функция сглаживания с прореживанием - цифровая фильтрация сигнала);
- гибкое изменение количества отображаемых каналов в реальном масштабе времени;
- автоматическое масштабирование изображений;
- остановка отображения формы сигнала в произвольный момент времени (режим стоп-кадра);
- запись мгновенных значений отображаемых сигналов в файл;
- динамическое отображение интегральных уровней сигналов, определение перегрузки по каждому каналу и запоминание состояния перегрузки;
- отображение абсолютного времени с момента запуска модуля АЦПили с момента начала воспроизведения сигналов из файлов;
- синхронное позиционирование курсора на графиках позволяет оценивать амплитуду всех сигналов в один момент времени;
- изменение времени (частоты) для обновления содержимого экрана (0,1 с или 1 с);

- изменение нулевого отсчета времени (позиционирование метки "0" по горизонтали);
- функция синхронизации сигнала с указанием уровня и фронта (положительный или отрицательный) синхронизации;
- непрерывный режим отображения формы сигналов;
- сохранение мгновенного снимка экрана в буфер обмена для вставки в отчет или протокол измерений Microsoft Word или Excel;
- передача значений отсчетов в буфер обмена для последующей вставки в любой текстовый или табличный редактор[10]

Для того чтобы запустить программы Многоканальный осциллограф необходимо в меню «Отображение» (рисунок 2.5) панели Zetlab выбрать команду «Осциллограф». На экране монитора покажется рабочее окно программы Многоканальный осциллограф (рисунок 2.6). В заголовке окна программы будет отображаться название программы. Ниже располагаются осциллограммы (временные реализации) сигналов выбранных каналов. Сверху каждой осциллограммы указывается название канала и измеряемые величины (время в секундах и амплитуда в единицах измерения) относительно положения курсора графика[7].



Рисунок 2.5 – Запуск программы



Рисунок 2.6 – Окно программы

Масштабирование числовых осей для каждой осциллограммы осуществляется при помощи манипулятора «мышь». При перемещении указателя «мыши» вдоль числовых значений осей указатель «мыши» будет принимать внешний вид в соответствии с предполагаемым действием масштабирования графика. После установки указателя нажать левой кнопкой «мыши», либо прокрутить ролик[7].

Сопроводительная информация отдельно взятой осциллограммы имеет следующую структуру: в первой строке пишется заголовок окна, в данном случае название программы «Многоканальный осциллограф»; во второй строке - значение временной оси, соответствующее положению курсора графика; в третьей - название канала и значение измеряемой величины (амплитуды сигнала), соответствующее положению курсора графика[7].

Максимальное количество осциллограмм в одной запущенной программе «Многоканальный осциллограф» может быть восемь[7].

Каждой из включенных осциллограмм для отображения сигнала может быть присвоен любой включенный физический канал, либо любой виртуальный канал. Виртуальные каналы порождаются соответствующими программами[7].

Кнопка «Запись» записывает накопленные данные в одно время по всем осциллограммам одной программы Многоканальный осциллограф за установленный интервал в текстовый файл с расширением *.dtn. Нажатие на кнопку открывает стандартное диалоговое окно, в котором предлагается указать директорию для сохранения файла, и имя этого файла. Структура файла накопленных данных представлена в таблице 1.2

Таблица 1.2 - Структура файла накопленных данных

№	Строки	Описание
1	Временная реализация сигнала	Наименование записи
2	Сигнал 3	Название канала ввода сигнала
3		Пустая строка
4	Частотный диапазон - от 0Гц до 25000.000000Гц	Установленный частотный диапазон для отображения сигнала
5	Дата: 10-08-2005	Дата записи файла
6	Время: 20:02:47	Время начала записи файла
7	Время Сигнал 1 Сигнал 2 Сигнал 1	Заголовки столбцов данных
8	с мВ мВ мВ	Единицы измерения (по столбцам)
9-я и последующие строки	Располагаются численные значения данных, представленные в формате с плавающей запятой. В качестве разделителя целой и дробной части используется точка.	

Кнопка под названием «Чтение» дает возможность посмотреть записанные ранее файлы осциллограмм с расширением *.dtn. Нажав кнопку «Чтение» открывается стандартное диалоговое окно открытия файла для чтения. После выбора необходимого файла сохраненные данные из этого файла со всеми настройками по каналам отобразятся на графическом поле программы Многоканальный осциллограф. На рисунке 2.7 показана программа Многоканальный осциллограф с прочтенными данными из записанного файла. Для того чтобы перейти в обычный режим (режим реального времени) работы программы нужно повторно нажать кнопку «Чтение»[7].

Масштабирование и копирование численной информации осциллограмм осуществляется так же, как и при работе программы с сигналами в реальном масштабе времени[7].

Индикатор «Интегральный уровень» показывает интегральный уровень сигнала и, при превышении максимально допустимого уровня, перегрузку соответствующего канала. Две третьих части поля индикатора отведены для уровня сигнала, не превышающего максимально допустимый уровень. Чем выше уровень, тем больше заполняется индикатор. При превышении максимально допустимого уровня индикатор заполняется полностью красным цветом. Правый край индикатора останется красным до тех пор, пока перегрузка по каналу не будет снята и пользователь не нажмет на индикатор левой кнопкой «мыши». Количество индикаторов будет соответствовать количеству открытых осциллограмм[7].

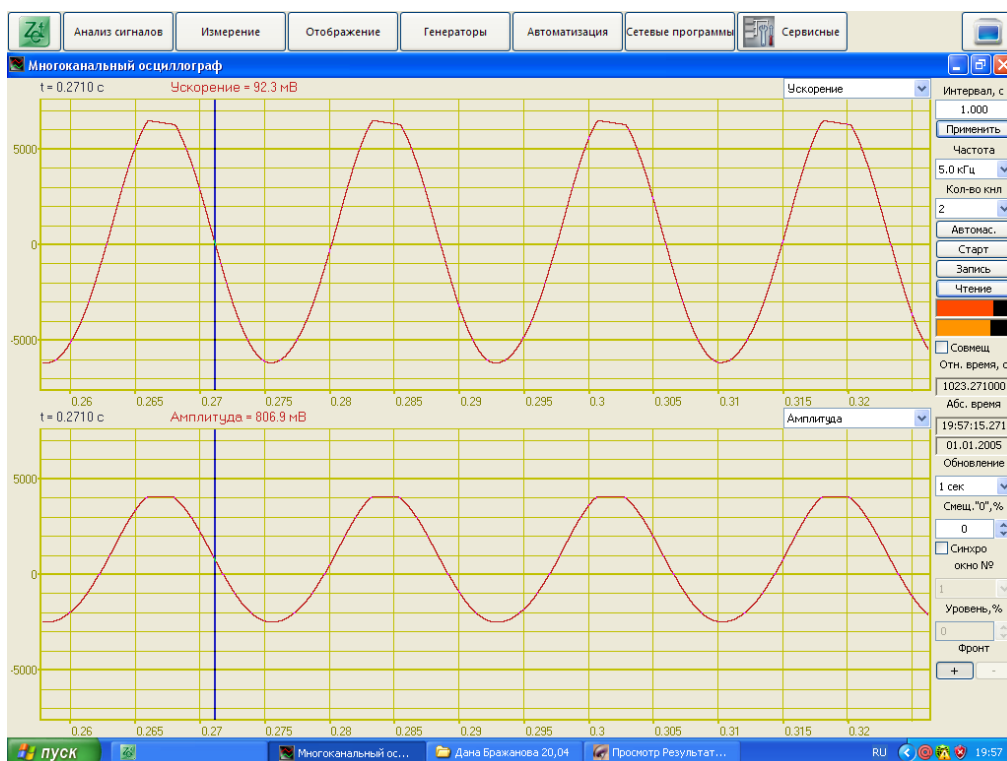


Рисунок 2.7 – Программа Многоканальный осциллограф

При установке флажка «Совмещение» сигналы всех включенных осциллограмм отобразятся в одной координатной сетке на одной осциллограмме (рисунок 7). Данная опция является практичной при сравнении однотипных сигналов[7].

Для того чтобы выйти из режима совмещения необходимо снять флажок «Совмещ». В это время сигналы отображенные на совмещенной осциллограмме, распределятся по отдельным осциллограммам[7].

Сигнал горизонтального смещения выдается в процентах. Увеличивая или уменьшая смещение есть возможность устанавливает просматриваемый сигнал в удобное положение на осциллограмме. Устанавливается необходимое смещение нажатием левой кнопки «мыши» по кнопкам списка смещения, либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка смещения, прокрутив ролик «мыши», либо, нажав левой кнопкой «мыши» по полю списка смещения, ввести значение с клавиатуры и нажать клавишу <Enter>[7].

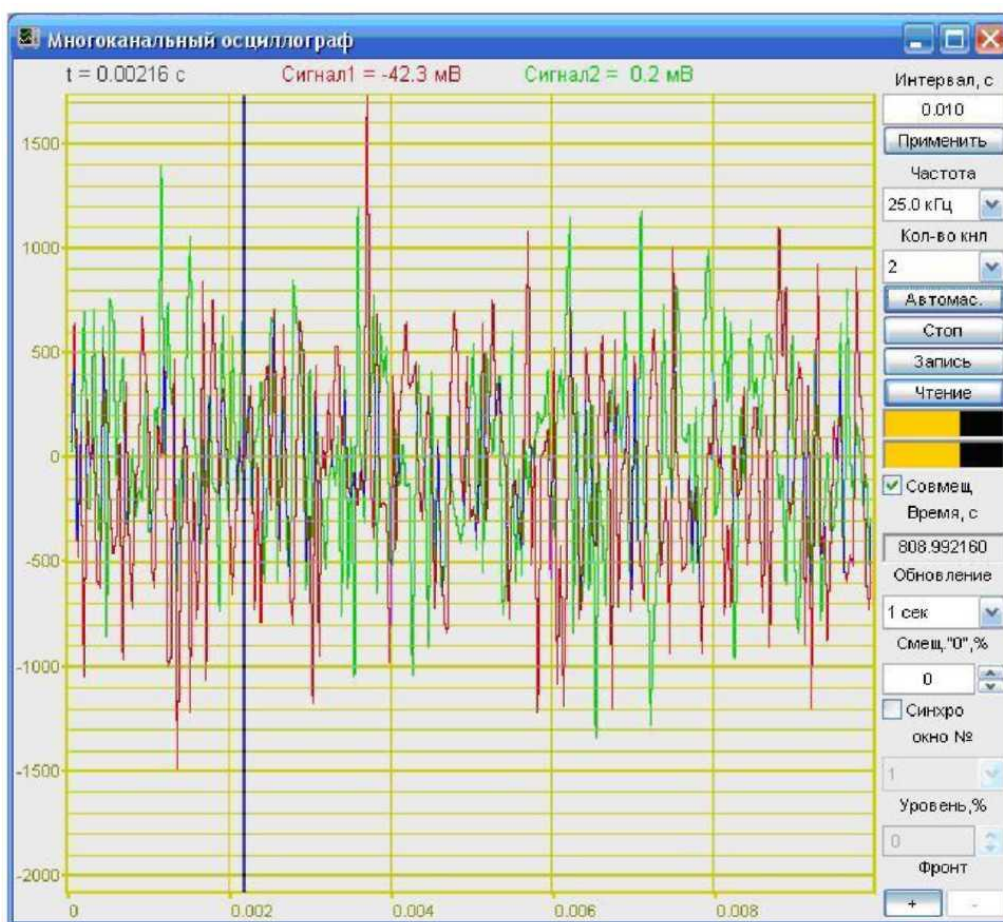


Рисунок 2.8 - Режим совмещения

Установка флажка «Синхро» включает режим синхронизации. Режим синхронизации позволяет получить устойчивое изображение сигнала на осциллограмме. Синхронизация осуществляется по установленным пороговому уровню и фронту одного из выбранных для отображения каналов программы «Многоканальный осциллограф»[7].

2.7 Частотомер

Данная программа предназначена для измерения частоты сигнала (частоты периодических колебаний) и длительности периоды. На рисунке 2.9 показан частотомер[7].

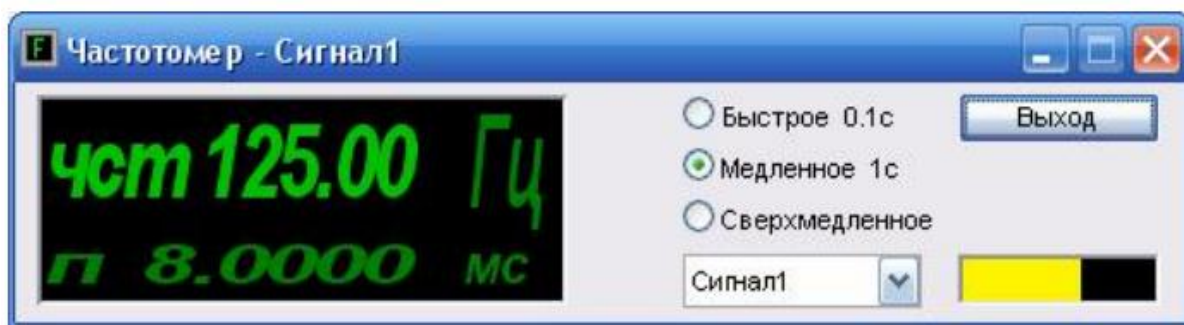


Рисунок 2.9 – Виртуальный частотомер

Для запуска программы Частотомер необходимо из меню Измерение панели Zetlab выбрать команду Частотомер. На экранмонитора отобразится рабочее окно программы Частотомер (рисунок 2.9). В заголовке окна программы будет отображаться название программы и название канала, по которому измеряется частота[7].

3 Анализ возможностей Zetlab для организации научно-исследовательских работ

Любой программный пакет покрывает только один аспект поставленной задачи, но не решает все проблемы - сбор данных, их анализ, представление и управление. Zetlab предоставляет вам все необходимые средства, объединенные единой методологией, поэтому вам вряд ли понадобится покидать среду Zetlab[2]. В вашем распоряжении имеется свыше 50 различных готовых программ - виртуальных приборов общего назначения: осциллографы, самописцы, вольтметры, частотомеры, узкополосные и долеоктавные анализаторы, корреляторы, регистраторы, генераторы различных сигналов, фильтры верхних и нижних частот, устройство цифрового ввода-вывода и специализированных приборов: измерители нелинейных искажений, измерители амплитудно-фазовых-частотных характеристик, генераторы с обратной связью, программы для модального и порядкового анализа. На основе готовых приборов вы собираете свой испытательный или измерительный стенд или систему управления производственным циклом или систему мониторинга. Нажатием на одну кнопку вы сохраняете свой проект и можете теперь запускать его по мере необходимости[2].

Все виртуальные приборы-программы работают как в реальном времени, так и в режиме обработки оцифрованных сигналов в виде файлов. Средства регистрации и воспроизведения сигналов позволяют записывать сигнал и обрабатывать его с применением различных алгоритмов. Это существенно минимизирует время разработки и отладки законченной системы. Масштабируемость пакета Zetlab позволяет использовать одновременно в одном персональном компьютере несколько различных устройств ввода-вывода. Так, для медленноменяющихся сигналов можете использовать многоканальные устройства АЦП, для быстроменяющихся - высокопроизводительные АЦП. Связав в локальную сеть несколько

компьютеров есть возможность работать с одним измерительным трактом на нескольких компьютерах в реальном масштабе времени. Это особенно полезно при проведении учебного процесса. Также это широко используется в системах непрерывного контроля и мониторинга, когда один компьютер используется для непрерывной записи сигналов и выдачи предупреждающих сигналов, и другой - для проведения диагностики контролируемых узлов. Существенным достоинством пакета Zetlab является то, что многие виртуальные приборы в комплекте с устройствами ввода-вывода сертифицированы как средства измерения (СИ) и внесены в реестр СИ Российской Федерации и Казахстана [3].

Zetlab дает возможность написать собственную программу виртуального прибора. Так как программное обеспечение Zetlab позволяет запускать и выполнять множество программ, то вам необходимо разделить свою задачу на несколько независимых программ. Программа виртуального прибора может быть написана на любом объектно-ориентированном языке программирования. В программу устанавливаются различные программные компоненты, отвечающие за ввод-вывод аналоговых и цифровых данных, графическое отображение двумерных и трехмерных графиков, X-Y графиков, графиков в полярных координатах, интегральных уровней, цифровых индикаторов. В программу также можно ставить стандартные компоненты объектно-ориентированного языка: кнопки, текстовые блоки, диалоги открытия файлов и многие другие[3]. Все компоненты самодокументированны, что позволяет достаточно быстро освоить необходимые команды. В результате компиляции получается исполняемый код программы, что разрешает полностью использовать вычислительные возможности компьютера и позволяет распространять исполняемый рабочий файл программы без исходного текста программы. Полученную программу можно оформить в своем индивидуальном дизайне и использовать наравне с программами из состава Zetlab[3].

Современные технологии позволяют создавать многофункциональные измерительные комплексы на базе персональных компьютеров и

дополнительных устройств ввода/вывода сигналов: плат аналого-цифрового (АЦП) и цифроаналогового преобразования (ЦАП). Большинство задач испытаний, измерений и/или исследований можно представить в виде последовательности логических действий: накопление – обработка – представление результатов. Каждый этап включает в себя множество операций, автоматизация которых позволяет существенно упростить измерительный процесс. Программные и аппаратные средства Zetlab компьютерной автоматизации измерений, управления и моделирования широко применяются в различных областях промышленности, научных исследованиях и в образовании [1].

Многовариантность решений для различных задач [22] Решения стандартных задач измерения параметров электрических сигналов реализованы в составе Zetlab большим набором программ приборов: вольтметры, осциллографы, генераторы, программы для спектральной обработки сигналов, самописцы, регистраторы и т.п. Для решения задач по конкретным требованиям конечных пользователей среда разработки Zetlab Studio позволяет создавать многофункциональные программно измерительные комплексы [22].

С помощью Zetlab таким инструментом может стать обычный компьютер, стоящий у вас в лаборатории или на производстве, либо компьютер типа Notebook, оснащённый дополнительными устройствами ввода информации. Zetlab Studio – интегрированная среда разработчика для создания программ сбора, обработки данных и управления периферийными устройствами. Программирование осуществляется на любом объектно ориентированном языке (Visual Basic, Visual C++, Delphi) с использованием библиотечных элементов и готовых программ Zetlab. Сочетание широко используемого языка программирования и большого количества разнообразных компонент позволяет значительно сократить время разработки сложных систем при сохранении высокой скорости выполнения программ. Библиотеки современных алгоритмов обработки и анализа данных превращают средства Zetlab в универсальный

инструмент создания интегрированных систем на базе персональных компьютеров. В комплект Zetlab входит более 100 различных готовых программ, компонентов и библиотек, которые пользователи могут интегрировать в свои приложения. В основу пакета программ Zetlab заложен принцип одновременной работы многих программ и максимальное использование вычислительных мощностей программных и аппаратных средств. В пакете Zetlab пользователю надо всего лишь подобрать набор необходимых инструментов и связать их в один проект. Таким образом, комплект Zetlab позволяет без потери производительности избежать сложностей обычного «текстового» и «графического» программирования[22].

В основе экспериментальных методов теплофизики, основанных на решении уравнения теплопроводности Фурье, лежат закономерности распространения теплового потока, создаваемого источником тепла в исследуемом объекте. При определении теплофизических свойств влажных почв необходимо учитывать возникновение массопереноса, происходящего в исследуемом образце. Для этого следует минимизировать, насколько это возможно, тепловой поток создаваемый источником тепла. Фактором минимизации потока тепла может служить разрешающая способность регистрирующей аппаратуры и возникающая при этом погрешность. В настоящее время существует множество измерительных систем, предназначенных для научных исследований как отечественных, так и зарубежных производителей. Среди них можно выделить аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) Zetlab, предназначенные для обработки сигналов и сбора данных с различных первичных преобразователей в различных частотных диапазонах [8].

Целью исследований было изучение применения систем измерения Zetlab для теплофизических исследований. В задачи исследований входила разработка многоканального измерительного комплекса для исследования теплофизических свойств почв[8].

Объекты исследования. Объектом исследований был модуль АЦП/ЦАП ZET 210[8]. Предметом исследования служило создание многоканального измерительного комплекса для определения теплофизических свойств почв на основе модуля АЦП/ЦАП ZET 210. В основу работы комплекса положен метод цилиндрического зонда, который основывается на аналитическом описании температурного поля, создаваемого действием постоянного бесконечно длинного линейного источника тепла в неограниченной среде[8]. Данный метод применяется для определения теплофизических коэффициентов грунтов, почв, сыпучих веществ, теплоизоляционных материалов, жидкостей и газов.

Результаты исследований. Модуль ZET 210 представляет собой 16-канальный АЦП и 2-канальный ЦАП с суммарной частотой преобразования по всем включенным каналам, до 500 кГц. Модуль подключается к персональному компьютеру с помощью интерфейса USB. К ZET 210 можно подключать до 15 термопреобразователей сопротивления, а их запитывание происходит переменным напряжением от встроенного генератора сигналов. Такое питание датчиков позволяет избавиться от низкочастотных помех, термо-ЭДС контактов и повысить точность измерений. Подключение термопреобразователей сопротивления осуществляется по трехпроводной схеме[8]. Для измерений температуры с помощью термосопротивления используется 2 резистора: нагрузочный и измерительный. Измерения проводятся относительно опорного напряжения, подаваемого на 16-й канал для компенсации помех. В качестве нагрузочных резисторов используются точные 1%-ные резисторы с низким температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Для дополнительного усиления входного сигнала можно применить предварительные усилители ZET 410/412 с коэффициентом усиления 1000. Цифровой вход/выход модуля управляет источником тепла (нагревателем). После подключения термопреобразователей и настройки соответствующих параметров АЦП/ЦАП запускаются программы «Генератор сигналов» и «Термометр сопротивления» с установкой необходимых режимов. В поле ввода

поправки необходимо установить поправку показаний в $^{\circ}\text{C}$. Эта поправка связана с разностью в значениях сопротивлений между нагрузочным и измерительным сопротивлениями. При работе программа «Термометр сопротивления» создает виртуальный канал температуры, доступный для последующего анализа другими программами из состава Zetlab. Значение температуры вычисляется на интервале 0,1 с, при этом формируется сигнал в выходном канале каждые 0,1 с. Таким образом, программа сглаживает быстрые изменения температуры.

В программу можно добавить любой другой теплофизический метод, для этого нужно будет только переписать алгоритм и расчетные формулы. Согласование ZET 210 со средой LabView происходит с помощью специального программного драйвера, который также предоставляет возможность устанавливать режимы АЦП/ЦАП, определять типы входов и частоту дискретизации и управлять цифровым портом непосредственно из LabView. Цилиндрический зонд (термозонд) представляет собой медный чувствительный элемент ЧЭМ 100-С2-3 производства компании Рэлсиб [6], поверх которого намотан нагреватель из нихрома и заключенный в металлическую гильзу (иглу) диаметром 2 мм и длиной 60 мм. Управление работой нагревателя производится с цифрового выхода модуля ZET 210. На рисунке изображен график сигнала, полученного с виртуального температурного канала в течение 120 с, полученный с помощью программы «Многоканальный осциллограф» с переносом численной информации в текстовый файл и дальнейшей ее обработкой в Excel. Частота выборки равняется 0,1 с с усреднением результата за 1 с. На рисунке видно, что точность относительного измерения температуры за 120 с не хуже $0,01^{\circ}\text{C}$, что соответствует точности заявленной производителем. Дрейф обусловлен движением воздушных масс в помещении, где проводились измерения. Учитывая, что в большинстве теплофизических методов применяются

относительные измерения температуры (перегрев), то оценку абсолютной точности производить не целесообразно[8].

Выводы

1. Модули Zetlab в сочетании с Zetlab Studio и LabView представляют собой мощное и в то же время очень гибкое аппаратно-программное средство разработки, позволяющее максимально упростить процесс создания пользовательских приборов и приложений для измерения и обработки сигналов.

2. Использование АЦП/ЦАП ZET 210 в многоканальном измерительном комплексе для теплофизических исследований позволяет достичь оптимальных метрологических параметров по доступной цене.

3. Разработанный многоканальный измерительный комплекс позволяет существенно расширить исследования теплофизических свойств почв [8]

4 Анализ вибростенда ИВ5

4 Анализ установки лабораторной ИВ5 (вибростенд)

Установка лабораторная ИВ5 предназначена для проведения лабораторных работ на кафедре «ИТПС» по изучению технических средств, реализующих методы измерения вибрации объектов и обработки результатов измерений [12].

Установка обеспечивает возможность создания и измерения амплитуды вибрации вибростола в заданном диапазоне частот и амплитуд.

Основные технические данные приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 Основные технические данные установки ИВ5

Наименование параметра	Норма
Номинальный диапазон частот вибрации, Гц	от 1 до 500 ± 10
Максимальная амплитуда перемещения стола вибратора на частоте 20 Гц	не менее 0.5 мм
Напряжение сети переменного тока, В	220 ± 22
Частота сети переменного тока, Гц	50 ± 0.4
Потребляемая установкой мощность, В А	не более 100

Установка выполнена в настольном исполнении в виде нескольких модулей: вибростенда и функционального генератора.

На рабочем столе вибростенда (рисунок 4.1) смонтированы датчик 1 линейных ускорений (ДЛУ) (интегральный датчик типа ADXL-105, размещенный на печатной плате) и устройство для измерения амплитуды вибраций (УИАВ), выполненное в виде оптопары 2 со шторкой 3, которая перемещается вместе с катушкой 4 вибростенда и меняет световой поток, попадающий от светоизлучающего диода оптопары на ее фотоприемник.

Световой поток обратно пропорционален площади перекрытия шторкой пространства между излучающим светодиодом и фотоприемником. При этом выходной сигнал УИАВ практически прямо пропорционален амплитуде вибрации[13].

Датчик ADXL105 является высокопроизводительным, однокомпонентным акселерометром высокой точности[14]. ADXL105 обладает широкой полосой частот и более низкий уровень шума по сравнению с предыдущими версиями микромашинных акселерометров. ADXL105 измеряет ускорение в полной шкале до $\pm 5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ и вырабатывает аналоговый вольтовый выход. Средний уровень шума составляет $225 \text{ }^2 \text{ м/с}^2/\text{Гц}$, позволяя работать с сигналами меньше $2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$. Широкая 10 КГц частотная характеристика позволяет использовать вибростенд в приложениях измерения вибрации. Вибростенд показывает значительное уменьшение характеристик смещения и дрейфа чувствительности. ADXL105 может измерять как динамическое (вибрацию), так и статическое ускорение (тяжесть, отклонение). Выходной масштабный коэффициент может изменяться в пределах от $2.25 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ до 1.5 В/м/с^2 с помощью встроенного усилителя и внешнего резистора. Изделие включает в себя встроенный температурный датчик с выходом $8 \text{ мВ/}^\circ\text{C}$ для возможного применения термокомпенсации в прецизионных приложениях[14].

Вибростенд имеет электромагнитную систему возбуждения вибрации. Рабочим столом вибростенда служит непосредственно катушка возбуждения, входящая в зазор цилиндрического магнит провода и питающаяся от функционального генератора сигналов ФГ-100. В верхней части вибростенда размещается винтовая пара с сухарем, который перемещаясь при вращении винта, своей нижней конической поверхностью меняет в положение оптопары относительно шторки. С помощью винтовой пары осуществляется тарировка УИАВ. Связь вибростенда с генератором сигналов осуществляется посредством разъема, закрепленного на корпусе магнитопровода. Ответная часть разъема

находится на соединительном кабеле, содержащем проводники питания и сигнальные проводники с выхода УИАВ[13].

На рисунке 4.1 изображен вибростенд ИВ5



Рисунок 4.1 - вибростенд ИВ5

На передней панели функционального генератора (рисунок 4.2) размещены:

- переключатель выбора формы напряжения;
- переключатель диапазона частоты вибрации;
- ручка плавного регулирования частоты вибрации;
- ручка регулирования амплитуды вибрации;
- выходные клеммы.



Рисунок 4.2 - Передняя панель функционального генератора

На задней панели функционального генератора (рисунок 4.3) размещены:

- выключатель сетевого питания;
- держатель предохранителя;
- сетевой шнур с вилкой;
- разъем «Контроллер»;
- разъем «МИУБ» для подключения микропроцессорного измерительно-управляющего блока - МИУБ;
- переключатель режима работы «ручной-автомат»;
- соединительный кабель.



Рисунок 4.3 – Задняя панель функционального генератора

На катушку возбуждения подается сигнал с выхода усилителя мощности генератора сигналов ФГ-100. выбор формы сигнала (синусоидальный, треугольный и т.д.) осуществляется с помощью переключателя «ФОРМА». Амплитуда сигнала возбуждения может регулироваться с помощью ручки 4 «АМПЛИТУДА». В режиме работы «ручной» сигналы, характеризующие параметры вибрации, можно снять с разъема «МИУБ»:

- переменная составляющая сигнала ДЛУ – контакты 21, 33;
- переменная составляющая сигнала УИАВ – контакты 20, 31;
- полный сигнал УИАВ – контакты 1, 35.

Полный сигнал УИАВ (переменную и постоянную составляющие) можно также измерить на выходных клеммах (рисунок 18) генератора[13].

Под действием сигнала с выхода генератора катушка возбуждения и рабочий стол вибростенда начинают вибрировать с определенной амплитудой. ДЛУ преобразует виброускорение катушки в электрический сигнал. УИАВ также преобразует перемещение катушки вибростенда в электрический сигнал, амплитуда которого пропорционально амплитуде вибраций. В режиме работы «автоматический» эти сигналы поступают через разъем генератора в МИУБ и после соответствующего преобразования отображаются на экране монитора персонального компьютера, с которым соединяется МИУБ[13].

4.2 Микропроцессорный измерительно-управляющий блок МИУБ

Функциями микропроцессорного измерительно-управляющего блока (МИУБ) являются измерения аналоговых сигналов первичных преобразователей, установленных на лабораторных установках ИВ 1, ИВ 2, ИВ 3 и ИВ 5, а также для управления лабораторными установками в процессе регистрации показаний[15].

Блок реализован на базе микроконтроллера AT90S8535 со встроенным 10-разрядным АЦП и внешнего АЦП типа AD7731. В силовой части блока

использованы ключи на МОП транзисторах, управляемые сигналами микроконтроллера через оптронную развязку[15].

Для сохранения и анализа экспериментальных данных, регистрации и документирования результатов экспериментов используется персональный компьютер (ПК) [15].

Технические характеристики МИУБ представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 Технические характеристики МИУБ

Количество аналоговых входов	16
Количество цифровых входов	8
Электропитание от сети переменного тока:	
напряжением, В	220
частотой, Гц	50
Потребляемая мощность, В·А	10
Габаритные размеры, мм	150x130x60
Масса, кг	0,4

Базовым программным комплексом для управления МИУБ и организации пользовательского интерфейса является программное обеспечение (ПО) "Laboratory Analyser", входящее в комплект поставки МИУБ[16].

ПО "Laboratory Analyser" выполняет следующие функции:

- задание конфигурации каналов ввода-вывода и параметров работы МИУБ;

- построение графиков измеряемых сигналов в режимах осциллографа и самописца;

- формирование циклограмм управления состоянием выходных каналов;

- ручное управление состоянием дискретных выходных каналов;

- отображение состояния дискретных входных каналов;

-экспорт результатов измерений в программу Microsoft Excel.

ПО "Laboratory Analyser" также даёт возможность доступа к МИУБ из внешних приложений по интерфейсу DDE.

ПО "Laboratory Analyser" представляет собой совокупность программных средств, предназначенных для выполнения на персональном компьютере в среде операционной системы Windows 2000/XP/Server 2003[16].

5 Разработка системы управления вибростендом ИВ5

5.1 Разработка структурной схемы системы управления вибростендом ИВ5

Создаваемые аппаратные и программные средства, обеспечивающие техническую реализацию информационно-измерительных и управляющих систем, должны отвечать требованиям стандартизации, унификации, метрологической, конструктивной, информационной и эксплуатационной совместимости, принципам модульного построения. При выполнении этих требований обеспечивается надежность построенной на основе этих средств информационной системы предприятия, достоверность и оперативность получаемой менеджментом информации, гарантированность исполнения командной информации[16].

Требования к минимальному количеству элементов, требования высокой надежности и стойкости к внешним воздействиям определяют выбор системы с аналогово-цифровым преобразователем на одном конце линии, а требование максимального объема передаваемой информации – пункта диспетчера на базе персонального компьютера[16].

С учётом того, что проектируемая система регистрации показаний базируется на вибростенде ИВ5 с встроенным датчиком ускорения и оптопарой, будет разработана стандартная структурная схема.

Наилучшим вариантом реализации приёма и обработки информации является использование АЦП/ЦАП ZET 210. требованиям скорости и наглядности приёма и обработки информации.

К цифровому порту модуля АЦП/ЦАП подключается модуль BlueTooth. При наличии в компьютере устройства BlueTooth, Zet 210 подключается к нему по интерфейсу BlueTooth. На движущуюся часть механизма устанавливается датчик, ZET 210 с модулем BlueTooth. В неподвижной части находится

компьютер с программным обеспечением ZETLab. Базовое программное обеспечение ZETLab поставляемое с модулем ZET 210, позволяет приступить к процессу измерения и управления сразу после подключения к ПК. В него же входят все необходимые программы проведения испытаний и измерений [28].

Преобразование сигналов с помощью платы ввода/вывода выполняется следующим образом: 4-канальный мультиплексор коммутирует последовательно все выбранные каналы к одному операционному усилителю, через равные промежутки времени. После момента переключения каналов, от сигнального процессора поступает команда на начало преобразования для АЦП, по окончании преобразования АЦП поднимает флаг готовности данных преобразования и происходит прерывание в сигнальном процессоре. Сигнальный процессор сохраняет данные во внутренней памяти для дальнейшей передачи контроллеру USB или записи на флэш-диск. Данные из внутренней памяти сигнального процессора поступают на 4 независимых цифроаналоговых преобразователя ЦАП. Выходной сигнал ЦАП формируется операционными усилителями (рисунок 4.2) [28].

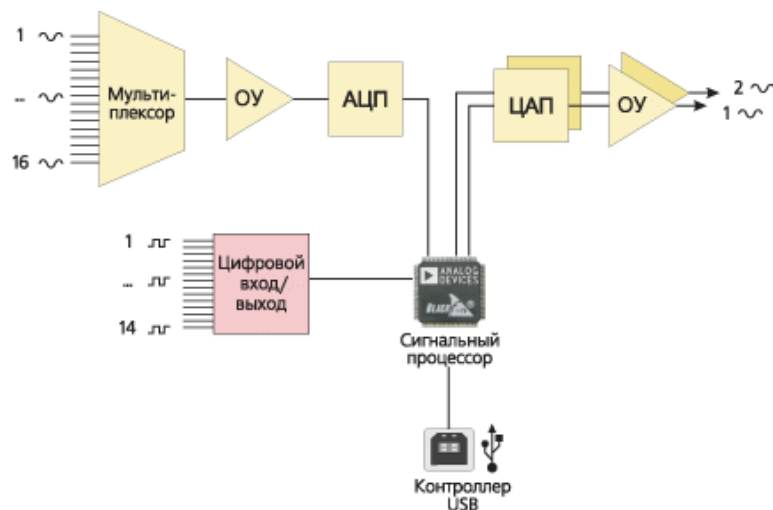


Рисунок 4.2 – Структурная схема платы АЦП/ЦАП

Вибростенд – модель ИВ5.

Датчики ускорения – для непосредственного измерения измеряющий проекцию кажущегося ускорения, установленный непосредственно в вибростенд. С помощью простых электрических цепей преобразование

ускорения в скорость и скорости в смещение может быть осуществлено с высокой точностью. Поэтому акселерометры на сегодняшний день являются основными датчиками вибрации: их выходной сигнал можно легко подвергнуть однократному или двухкратному интегрированию и получить либо скорость, либо смещение.

Устройство для измерения амплитуды вибраций, выполненное в виде оптопары со шторкой, которая перемещается вместе с катушкой вибростенда и меняет световой поток, попадающий от светоизлучающего диода оптопары на ее фотоприемник. Световой поток обратно пропорционален площади перекрытия шторкой пространства между излучающим светодиодом и фотоприемником. При этом выходной сигнал УИАВ практически прямо пропорционален амплитуде вибрации[4].

Органами управления будут манипулятор типа «мышь» и/или алфавитно-цифровая клавиатура.

Аналогово-цифровой преобразователь будет служить для приема, преобразования и передачи сигналов на преобразователь интерфейса.

Преобразователь интерфейса – должен будет преобразовывать данные, полученные с модулей аналогового ввода и передавать текущие показания на блок диспетчера.

Персональный компьютер(ПК) – должен будет принимать и хранить данные, выводить текущие показания на экран.

Разработанная структурная схема показана на рисунке 6.

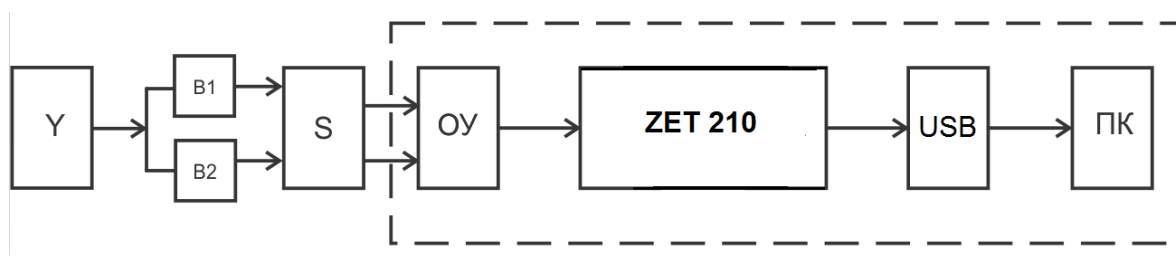


Рисунок 6 – Структурная схема системы управления вибростендом ИВ5

У – Вибростенд ИВ5;

В1, В2 – датчик ускорения ADXL 105, щелевая оптопара соответственно;

S – переключатель используемого датчика для регистрации показаний;

ОУ операционный усилитель;

ZET 210 – аналого-цифровой преобразователь

USB интерфейса USB.

5.2 Выбор операционного усилителя

Для расширения возможностей обработки информации следует предусмотреть в разработанной системе выбор каналов с различными характеристиками.

В разработанной системе регистрации показаний с вибростенда ИВ5 будут представлены 4 канала:

а) Канал без усиления;

б) Канал, подключенный к делителю напряжения и усилением сигнала в 1,2,4,8 раз;

в) Канал, подключенный к неинвертирующему усилителю, коэффициент передачи 100;

г) Канал, подключенный к дифференциальному усилителю, коэффициент передачи 100;

Микросхема серии LM324 является не дорогим операционным усилителем, имеющая прямой дифференциальный вход, внутричастотную компенсацию при единичном усилении и защиту от короткого замыкания. Она предназначена для использования в портативной аппаратуре с автономным питанием. Операционный усилитель LM324 отличается очень высокими параметрами по входному току и шумам. Микросхема выпускается в двух типах корпусов: DIP и SOIC. Структура микросхемы содержит четыре

независимых канала, работающих в диапазоне напряжений от 3 В до 32 В, при низком выходном токе до 10мА. Микросхема может работать как при однополярном, так и при двухполярном источнике питания[20].

Основные технические характеристики усилителя приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Основные технические характеристики усилителя LM324

Наименование параметра	Значение
1 Количество каналов ОУ	4
2 Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	0.4
3 Полоса пропускания, МГц	1.3
4 Ток входного смещения, нА	20
5 Напряжение входного смещения, мВ	2
6 Рабочая температура, °С	0...70

5.3 Выбор персонального компьютера (ПК)

Персональный компьютер (ПК) важная часть любой информационно-измерительной системы, так как именно с него будет производиться ввод данных, изменение адресов датчиков, сбор и хранение измерений, сигнализация о критических значениях, передача данных по каналу связи должностным лицам, поэтому необходима его отлаженная работа.

Следовательно, в обязательном порядке нужно выбрать такие комплектующие и операционную систему, которые проверены временем, показывают лучшее быстродействие и стабильность, а так же легко поддаются ремонту.

ПК будет собран на базе процессора IntelCeleron, так как он дешев и прост в эксплуатации, имеет большой рабочий ресурс и низкие рабочие

температуры. В качестве жёсткого диска выбираем SATAIII для быстрого реагирования и большой скорости передачи данных, операционную систему Windows 7 с последним пакетом обновлений для лучшей производительности и отлаженной работы с контролерами USB 2.0 и оперативную память не менее 1024 Мбайт для наименьшего времени загрузки операций.

Технические характеристики персонального компьютера представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Технические характеристики ПК

Наименование параметра	Значение
Операционная система:	Windows XPSP2 Professional
Процессор:	IntelCeleron 430,1.80 GHz
Оперативная память:	DDR-2 DIMM 1024MbTJ
Жесткий диск:	HDD 250 Gb Western Digital, 16Mb, SATA III-600
Материнская плата:	ASRockG41M-VS3 R2.0, IntelG41, RTL
Интерфейс USB, версия	2.0

6. Результаты исследований

Мощность и доступность современных компьютеров позволяют использовать их для реализации алгоритмов, заложенных в традиционных приборах. Таким образом, роль измерительного устройства сводится к оцифровке сигналов, а их обработка и вывод результатов на экран осуществляется программными средствами (рисунок 6.1 и 6.2)[19].

Поскольку функциональные характеристики системы, построенной на базе виртуальных приборов, определяются программным обеспечением, простая плата АЦП/ЦАП может быть одновременно и вольтметром, и осциллографом, и генератором, и тензометром и каким угодно другим прибором, экономя рабочее пространство и средства пользователя[19]. Для того чтобы доказать вышесказанное, проводим сравнительный анализ.



Рисунок 6.1 - Структурная схема автономного измерительного устройства



Рисунок 6.2 - Структурная схема виртуального прибора

Сравнительный анализ был проведен между виртуальным прибором ZetLab и осциллографом С1-79, который так же имеется на кафедре ИТПС, в учебной лаборатории (рисунок 6.1).



Рисунок 6.3 - Осциллографом С1-79

Двухканальный высокочувствительный осциллограф универсальный С1-79 предназначен для визуального наблюдения и измерения параметров периодических и однократных электрических процессов в диапазоне частот от постоянного тока до 100 МГц путем:

- измерения амплитуд от 4 мВ до 30 В и временных интервалов от 20 нс до 0.5 с,
- одновременного изображения двух исследуемых сигналов на одной развертке,
- детального исследования любой части сложного сигнала при помощи задержанной развертки [20].

Таблица 6.1 Основные параметры осциллографа

Параметр	Значение
Тип	Аналоговый
Исполнение	Настольный
Число каналов	2
Полоса пропускания, МГц	100

Для того чтобы провести сравнительный анализ, мы используем функциональный генератор ФГ-100.

Сравнительные характеристики точности измерения модуля АЦП Zet 210 и осциллографа С1 -79

Измерение амплитуды входного сигнала

Эффективная разрядность Zet 210 – 15.

Максимальное входное напряжение – 7 В.

Следовательно, разрешение АЦП составляет $7В/32768 = 0,214$ мВ.

Это значение можно принять за погрешность измерения амплитуды входного сигнала.

На экране отображается значение амплитуды до десятых долей милливольт.

При измерении осциллографом С1 -79 амплитуды сигнала величиной около 0,95 В (двойная амплитуда около 1,9 В), необходимо установить аттенюатор (делитель входного сигнала) в положение 0,5 в/дел. При этом, учитывая, что деление разделено на пять частей, получим погрешность снятия показаний около $0,5 \text{ в/дел} / 5 = 0,1 \text{ В}$.

Погрешность измерения амплитуды в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации» осциллографа С1 -79 — не более 7,5%, что в данном случае составляет $1,9 \text{ В} * 7,5 / 100 = 0,1425 \text{ В}$.

Таким образом, сравнивая нормативные значения погрешностей измерения модуля АЦП Zet 210 и осциллографа С1 -79, можно сделать вывод:

Погрешность измерения амплитуды входного сигнала осциллографа С1 -79 выше погрешности модуля АЦП Zet 210

$$0,1425 \text{ В} > 0,214 \text{ мВ}.$$

При этом не учитывается субъективная погрешность снятия показаний с осциллографа.

Измерение временных интервалов (периода)

В соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации» осциллографа С1 -79, погрешность измерения временных интервалов в условиях эксплуатации не должна превышать:

$\pm 7,5\%$ в положении «ХI» множителя развертки;

$\pm 10\%$ в положении «0,1» множителя развертки.

Погрешность измерения интервалов времени при помощи модуля АЦП Zet 210 зависит от установленной частоты дискретизации. Например, в соответствии с рисунком 32 – 16000 Гц. Следовательно, шаг дискретизации составит 0,00003125 с. Отображаемое значение на мониторе с шагом 0,00001 с.

При измерении интервала времени (периода) по рисунку 32 ($T = 0,0333$ с) погрешность измерения по осциллографу составит $\pm 0,0333 * 7,5 / 100 = 0,0025$ с.

Таким образом, сравнивая нормативные значения погрешностей измерения интервалов времени модуля АЦП Zet 210 и осциллографа С1 -79, можно сделать вывод:

Погрешность измерения интервала времени осциллографа С1 -79 выше погрешности модуля АЦП Zet 210

$$0,0025 \text{ с} > 0,00001 \text{ с}.$$

При этом так же, как и в случае измерения амплитуды не учитывается субъективная погрешность снятия показаний с осциллографа.

На функциональном генераторе устанавливаем следующие параметры (рисунок 24), и снимаем показания с виртуального прибора и осциллографа.

форма - синусоидальный сигнал

частота – 80 Гц

амплитуда – 2В



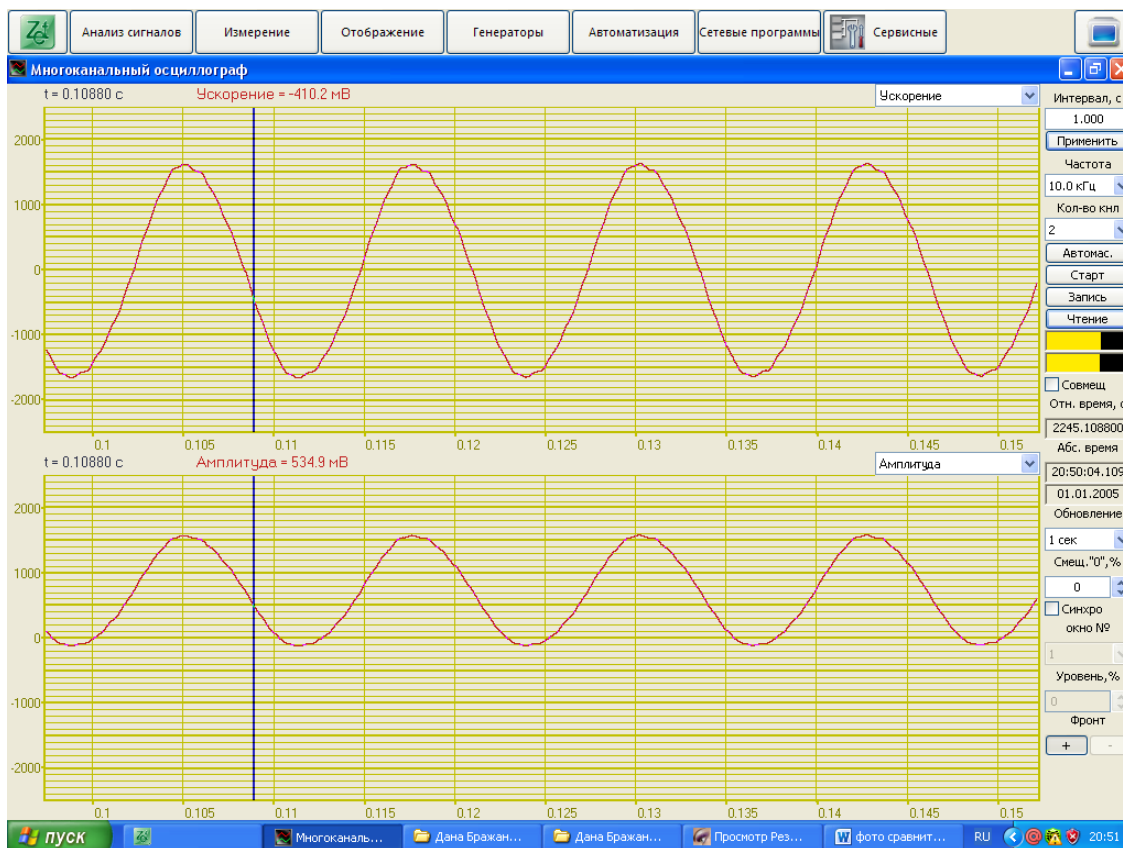
Рисунок 6.4 – Настройки ФГ-100 при 80 Гц

Далее сравниваем полученные результаты.

Таблица 6.3

Параметры	Осциллограф С1-79	Модуль ЦАП/АЦП Zet 210
Частота	80	80
Амплитуда	0,0137	0.0125
Интервал	5с	1 с

Далее, представляю результаты Модуль ЦАП/АЦП Zet 210, показанным на мониторе ПК и Осциллограф С1-79



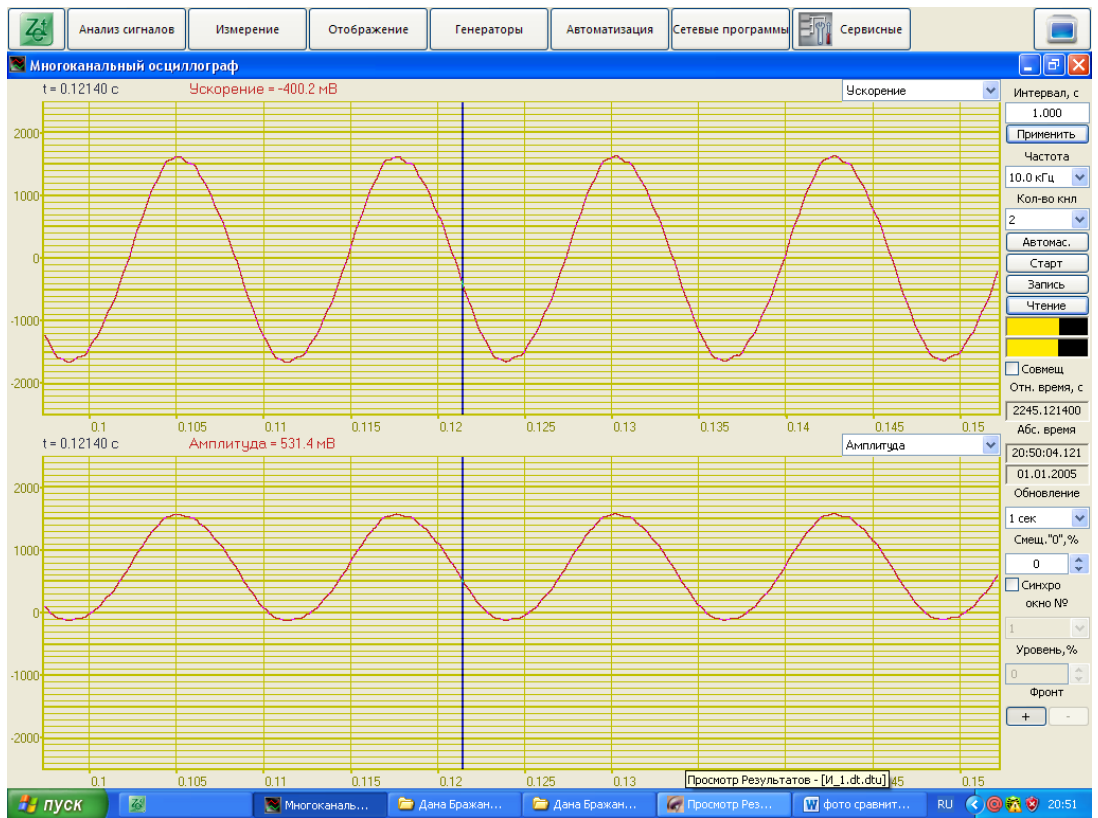


Рисунок 6.5 – Результат при 80 Гц полученный с помощью ЦАП/АЦП
Zet 210

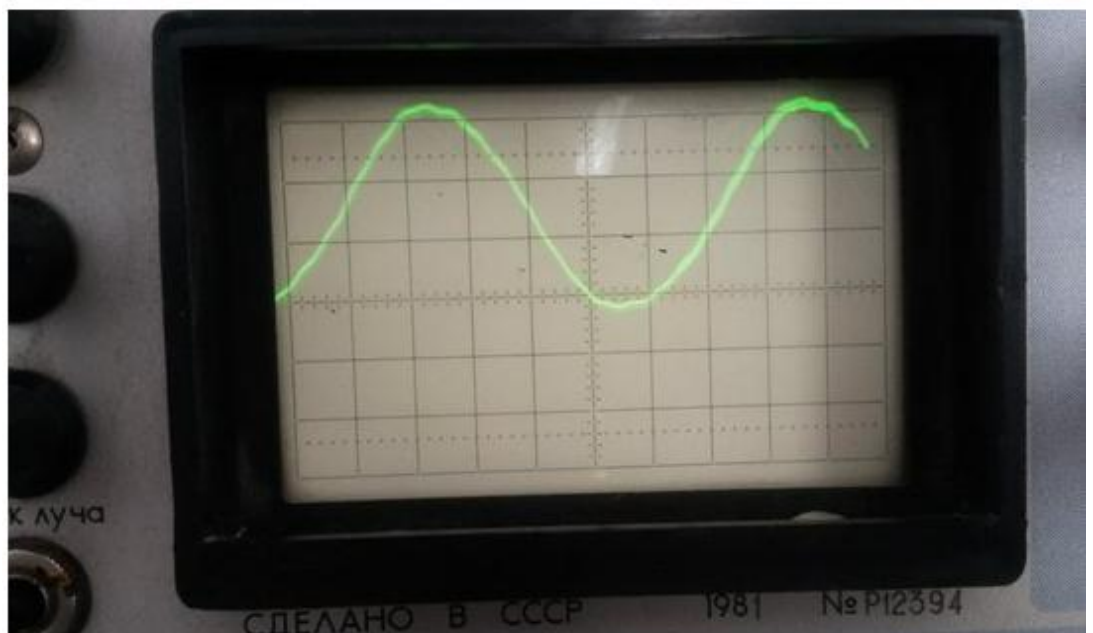


Рисунок 6.6 – Результат при 80 Гц полученный с помощью
осциллографа С1-79

На функциональном генераторе устанавливаем следующие параметры (рисунок 6.7), и снимаем показания с виртуального прибора и осциллографа.

форма - синусоидальный сигнал

частота – 100 Гц

амплитуда – 2В



Рисунок 6.7 – Настройки ФГ-100 при 100 Гц

Далее сравниваем полученные результаты.

Таблица 6.2

Параметры	Осциллограф С1-79	Модуль ЦАП/АЦП Zet 210
Частота	100	100
Амплитуда	0,0098	0,00987
Интервал	5с	1 с

Далее, представляю результаты Модуль ЦАП/АЦП Zet 210, показанным на мониторе ПК и Осциллограф С1-79

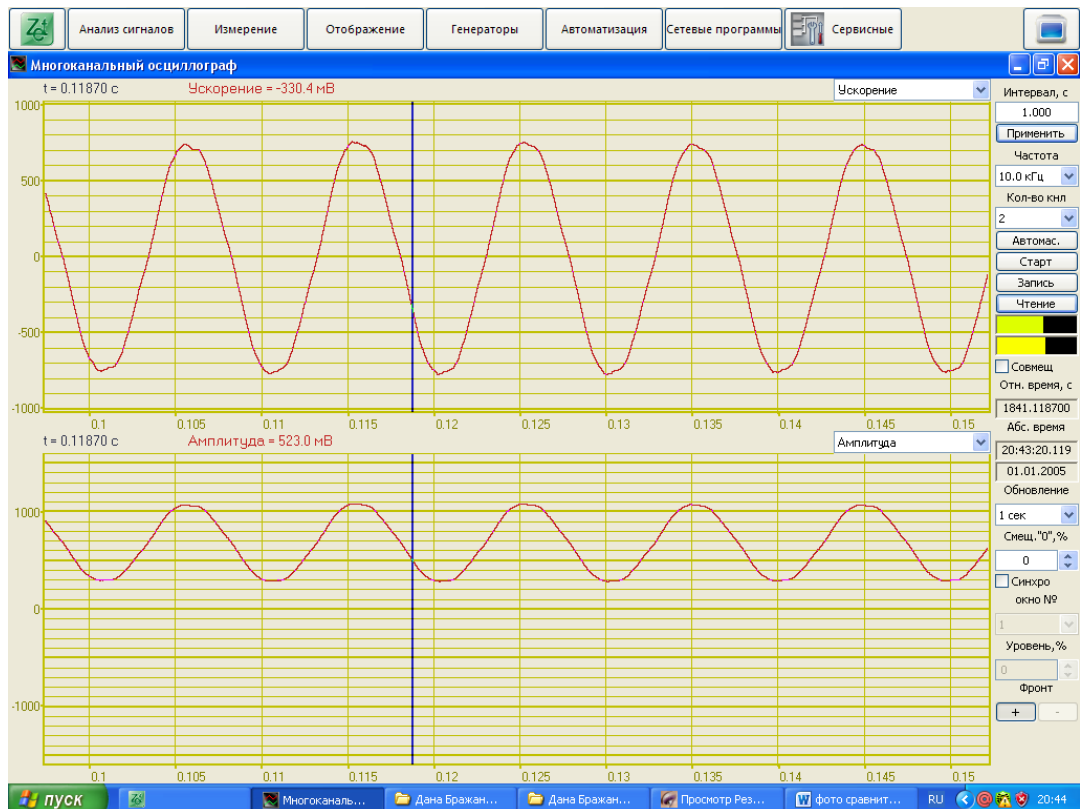
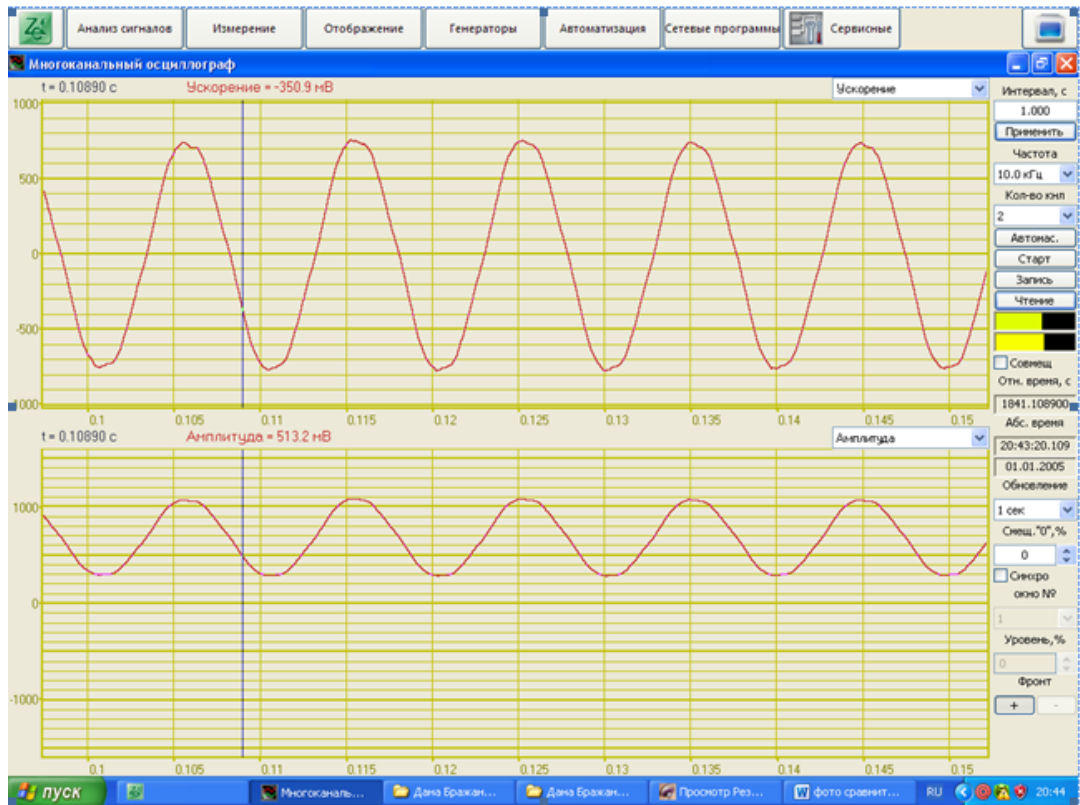


Рисунок 6.5 – Результат при 100 Гц полученный с помощью ЦАП/АЦП

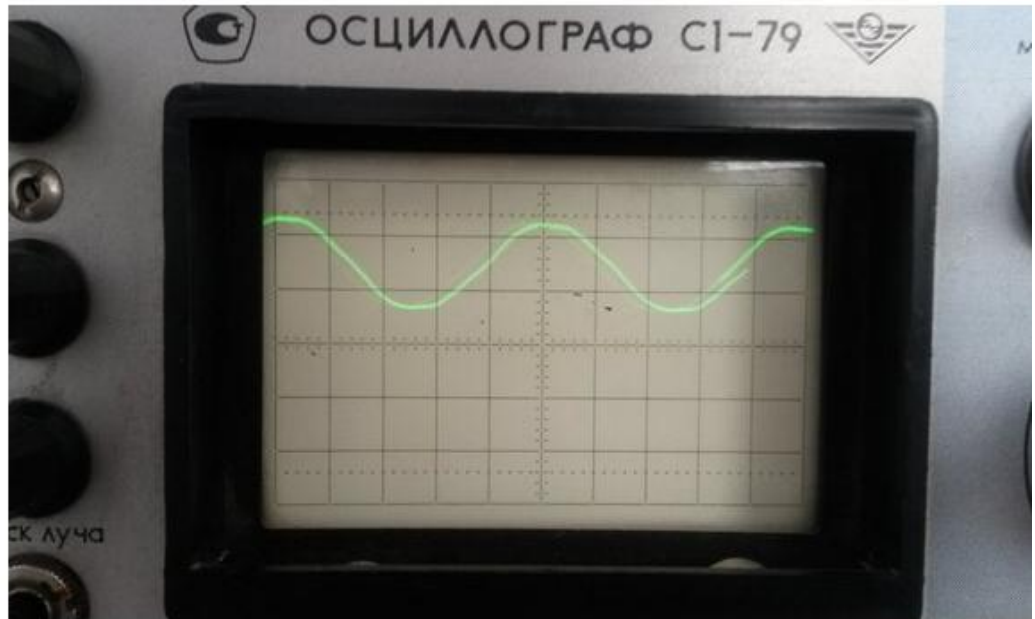


Рисунок 6.6 – Результат при 100 Гц полученный с помощью осциллографа С1-79

На функциональном генераторе устанавливаем следующие параметры (рисунок 6.8), и снимаем показания с виртуального прибора и осциллографа.

форма - синусоидальный сигнал

частота – 50 Гц

амплитуда – 2В



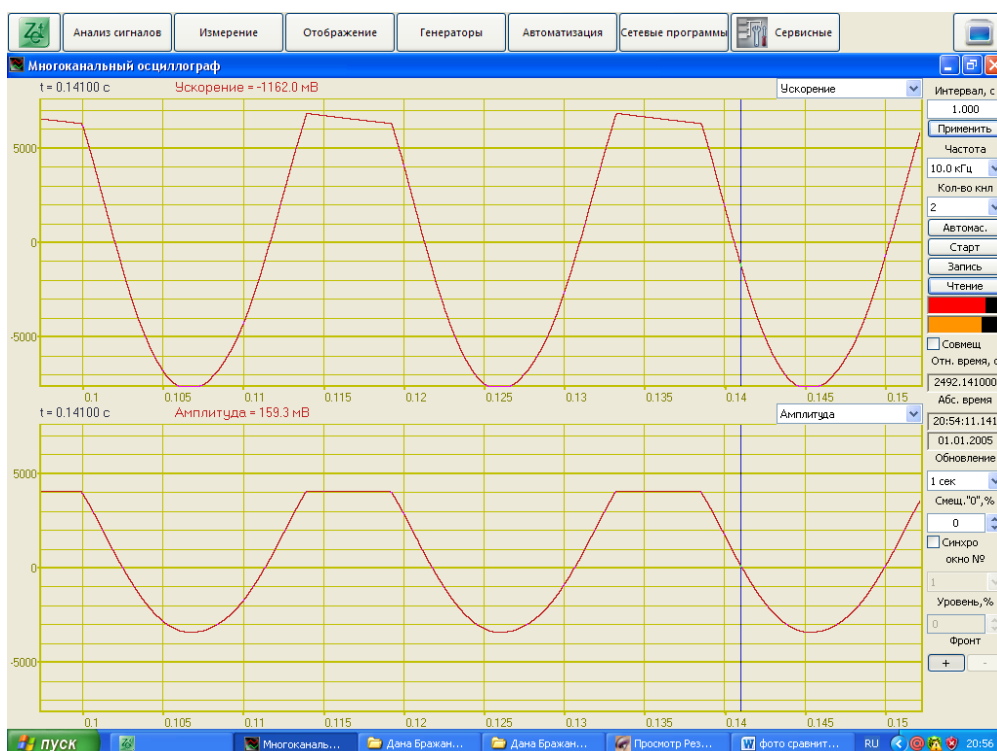
Рисунок 6.8 – Настройки ФГ-100 при 50 Гц

Далее сравниваем полученные результаты.

Таблица 6.3

Параметры	Осциллограф С1-79	Модуль ЦАП/АЦП Zet 210
Частота	50	50
Амплитуда	0,0198	0,01876
Интервал	5с	1 с

Далее, представляю результаты Модуль ЦАП/АЦП Zet 210, показанным на мониторе ПК и Осциллограф С1-79



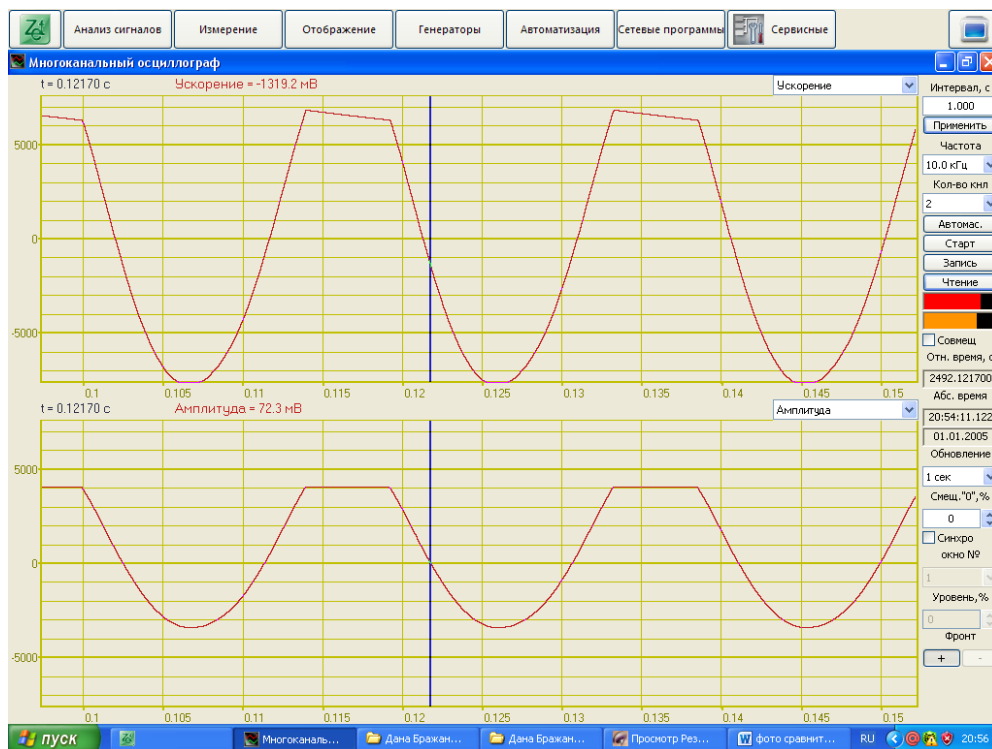


Рисунок 6.8 – Результат при 50 Гц полученный с помощью ЦАП/АЦП
Zet 210

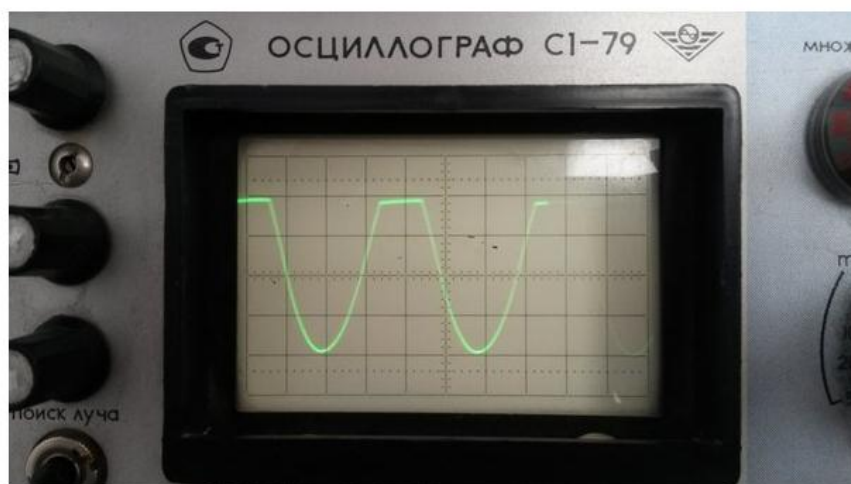


Рисунок 6.9– Результат при 50 Гц полученный с помощью осциллографа
C1-79

На функциональном генераторе устанавливаем следующие параметры (рисунок 6.10), и снимаем показания с виртуального прибора и осциллографа.

форма - синусоидальный сигнал

частота – 30 Гц

амплитуда – 2В



Рисунок 6.10– Настройки ФГ-100 при 30 Гц

Далее сравниваем полученные результаты.

Таблица 6.4

Параметры	Осциллограф С1-79	Модуль ЦАП/АЦП Zet 210
Частота	30	30
Амплитуда		
Интервал	5с	1 с

Далее, представляю результаты Модуль ЦАП/АЦП Zet 210, показанным на мониторе ПК и Осциллограф С1-79

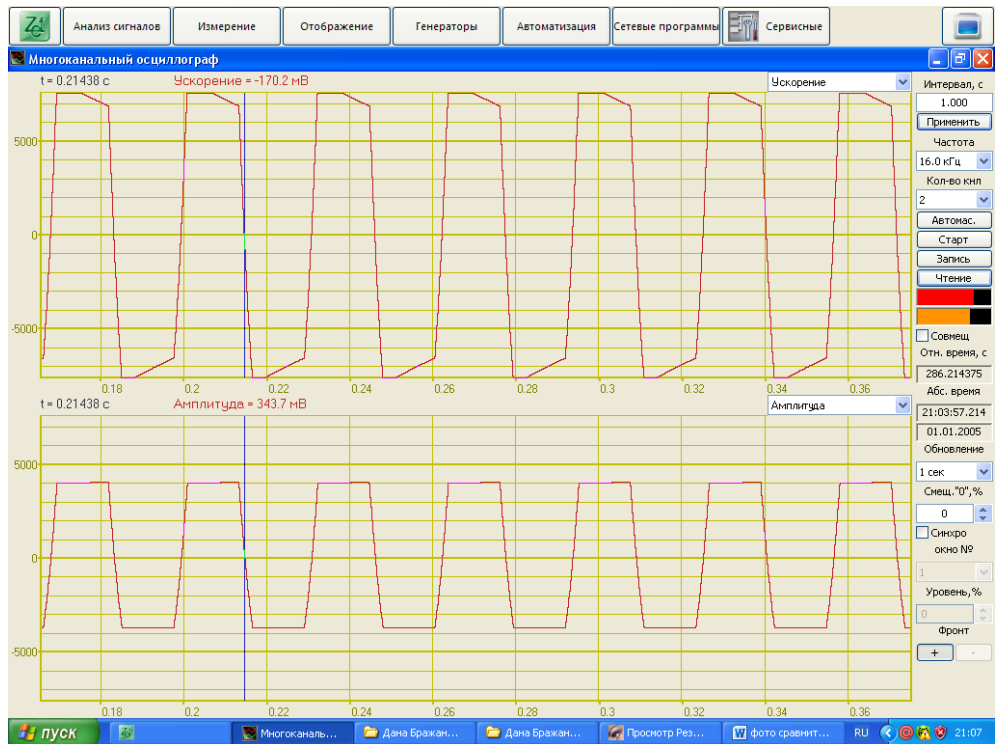


Рисунок 6.11 – Результат при 50 Гц полученный с помощью ЦАП/АЦП
Zet 210

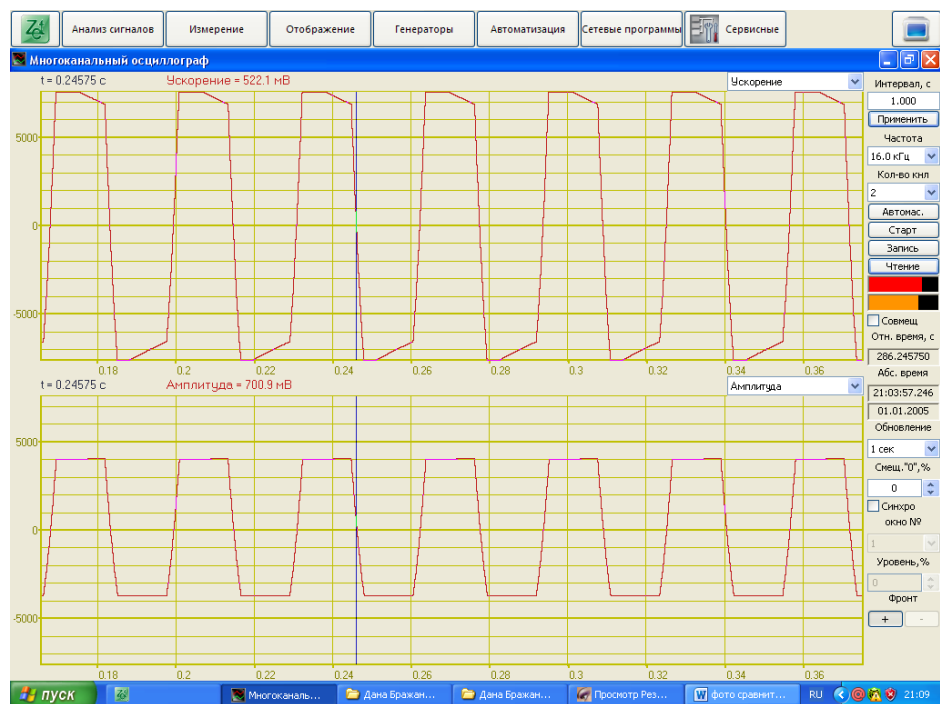




Рисунок 6.12– Результат при 30 Гц полученный с помощью осциллографа С1-79

Анализ построенных графиков показал, что форма подаваемых сигналов, синусоидальных, прямоугольных обрабатывается движущейся частью вибростенда с запаздыванием и интегрированием так, как должна была реагировать инерционная масса на подобные воздействия в физическом мире[12].

Формы сигналов с датчиков вибростенда показывают, что имеют место всплески в виде коротких импульсов даже при синусоидальном воздействии. Проведенные многочисленные эксперименты показали, что разработанное и изготовленное устройство выполняет все предназначенные функции, позволяет проводить продолжительные эксперименты на вибростенде, и получать обработанные результаты в виде графиков. При разработке устройства решены вопросы сопряжения электрического, конструктивного и информационного сопряжения датчиков вибростенда с микроконтроллером и персональным компьютером[12].

С помощью данного устройства и его программного приложения можно проводить исследовательские работы широкого профиля[12].

В результате сравнительного анализа, хочу отметить, что полученные результаты и сигналы с обоих устройств показывают похожие результаты. Это можно заметить по представленным рисункам этой главы. Но снимать

результаты анализов было удобно с виртуального прибора. Осциллограф уступает по точности измерений, габариту, и по уровню шума.

Для того чтобы считать информацию так же, ZetLab предоставляет возможность записать данные. На рисунке 6.13 предоставлена таблица, где записаны данные, и их легко рассмотреть.

The screenshot shows the 'Просмотр Результатов' (View Results) window in ZetLab. The window title is 'Просмотр Результатов - [1_1.d1.dta]'. The interface includes a menu bar (Файл, Редактировать, Вид, Окно, Справка) and a toolbar. Below the menu, there are tabs for 'График', 'Таблица', and 'Статистика'. The 'Таблица' tab is active, displaying a table of data. The table has columns for 'Время' (Time), 'Ускорение' (Acceleration), and 'Амплитуда' (Amplitude). The data is organized into columns Y1 through Y11. The table contains 15 rows of data, with the first row starting at 2154 and ending at 2179. The data points show a clear oscillatory pattern over time.

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11
2154	0.436000	5669.890137	3702.600049							
2155	0.436000	5354.519624	3542.610059							
2156	0.431000	5009.229960	3361.419922							
2157	0.431000	4634.140137	3177.479980							
2158	0.431400	4260.669922	2980.579980							
2159	0.431600	3861.620117	2770.760010							
2160	0.431800	3435.890088	2544.500000							
2161	0.432000	2971.449951	2307.700000							
2162	0.432200	2514.270020	2073.630076							
2163	0.432400	2046.849976	1824.310059							
2164	0.432600	1553.160034	1566.969971							
2165	0.432800	1053.660034	1311.079956							
2166	0.433000	568.336975	1056.540039							
2167	0.433200	80.825301	801.578979							
2168	0.433400	-402.998993	554.849976							
2169	0.433600	-891.107971	296.354004							
2170	0.433800	-1368.520020	54.415236							
2171	0.434000	-1824.500059	-137.662994							
2172	0.434200	-2271.489990	-426.485992							
2173	0.434400	-2713.320068	-654.611023							
2174	0.434600	-3134.689941	-872.505005							
2175	0.434800	-3524.199951	-1076.449951							
2176	0.435000	-3893.719971	-1266.760010							
2177	0.435200	-4243.229980	-1452.630054							
2178	0.435400	-4563.910156	-1616.880005							
2179	0.435600	-4853.419922	-1770.589966							

Рисунок 6.13- Просмотр результатов

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательских работ проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Цель диссертации - разработка системы управления вибростендом ИВ5. Необходимо произвести расчеты по данным этапам в соответствии с методическими требованиями.

7.1 Предпроектный анализ

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментировать рынок услуг по разработке прибор для измерения емкости кабеля можно по следующим критериям: месторасположение, конкурентоспособность продукты (таблица 1).

Таблица 7.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке системы управления освещением

		Критерии продукта	
		точность	стоимость
Размер	Крупные	А, В	С
	Средние	А, В	С
	Мелкие	Д	Д

- А. Технические ВУЗы;
- В. Исследовательские центры;
- С. Лабораторий;
- Д. Специализированные школы

На карте сегментирования показано, что компания «Лаборатория» занимают сегмент рынка, привлекательный для предприятия в будущем.

7.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ это - комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Область применения - исследования внешней и внутренней среды проекта. Он 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. Сильная сторона проекта - это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского п роекта, которые препятствуют достижению целей. В таблице 7.2 в виде матрицы SWOT представлены результаты первого этапа.

Таблица 7.2 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Использовать новый метод для разработки проекта.</p> <p>С2. Низкая стоимость материалов по сравнению с другими методами.</p> <p>С3. Легко купить материалы и оборудование с помощью кафедры ИИТ.</p> <p>С4. Опытные и трудолюбивые сотрудники.</p> <p>С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С6. Наличие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл3. Отсутствие компании, которая взаимодействует с нашими кафедрами.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Потенциал развития.</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры кафедры ИИТ ТПУ.</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Возможность появления новых пакетных программ.</p> <p>У3. Затухание делового цикла.</p>

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

В рамках данного этапа есть необходимость построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование поможет выявить стратегию изменения.

Результаты второго этапа приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	-	0	0	+	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	+	0	+		
	B2	+	-	-		
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	0	0	-
	У2	-	-	+	-	+
	У3	0	+	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	У1	+	-	-		
	У2	-	-	+		
	У3	-	+	+		

Третий этап. В таблице 7.4 составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 7.4 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Использовать новый метод для разработки проекта.</p> <p>С2. Низкая стоимость материалов по сравнению с другими методами.</p> <p>С3. Легко купить материалы и оборудование с помощью кафедры ИИТ.</p> <p>С4. Опытные и трудолюбивые сотрудники.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл3. Отсутствие компании, которая взаимодействует с нашими кафедрами.</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 7.4

	<p>С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С6. Наличие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Потенциал развития.</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры кафедры ИИТ ТПУ.</p> <p>В3. Появление спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Интеграция с заводами.</p>	<p>-Усовершенствование данного прибора для внедрения его на рынок.</p>	<p>- Испытание в работе получение положительных заключений.</p> <p>-Доработка конструкции</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Возможность появления новых пакетных программ.</p> <p>У3. Затухание делового цикла.</p>	<p>-Продвижение продукта с акцентирование на достоинствах.</p>	<p>- Развитие собственной технической базы</p>

7.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели

о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Перечень вопросов приведен в таблица 7.5.

Таблица 7.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

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

Продолжение таблицы 7.5

13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	45	36

При оценке степени проработанности научного проекта, выставленные баллы имеют следующее значение: 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i = 45$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Оценка уровень имеющихся знаний у разработчика

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i = 36$$

Таким образом, перспективность разработки выше среднего, а знания разработчика считаются средними.

Основные рекомендации: для повышения уровня коммерциализации необходимо учитывать степень завершенности исследований и готовности к внедрению в производство. А также, целесообразно привлечь коллективы ученых, длительное время работающих в данной области знаний.

7.2 Инициация проекта

В процессе инициации определяются изначальные цели, содержание, а также фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта.

Таблица 7.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Технические ВУЗы	Исследовательские центры
Лабораторий	Специализированные школы

Таблица 7.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка системы управления вибростендом ИВ5.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка прибора, применение и управление в лаборатории.
Критерии приемки результата проекта:	-Малый габарит прибора; -Измерение с малой погрешностью, и с большим диапазоном измерения.
Требования к результату проекта:	Требование:
	1. Требование к времени Проект должен быть сдан вовремя.
	2. Требование к качеству Проект должен быть высокого качества, удовлетворять заданным требованиям заказчика.

Продолжение таблицы 7.7

Требования к результату проекта:	Требование:
	3. Требование к цене Проект должен иметь выгодную стоимость, т.е. цена равная или ниже чем стоимость остальных приборов, которые присутствуют на рынке.
	4. Требование к модели Прибор должен иметь малые габариты, удобный при эксплуатации.

В таблице 7.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 7.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, год.
1.	Якимов Евгений Валериевич, НИ ТПУ, кафедра ИИТ, доцент, к.т.н.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. Является руководителем магистерской диссертации.	5
2.	Вавилова Галина Васильевна, НИ ТПУ, кафедра ИИТ, старший преподаватель	Эксперт проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	5
3.	Бражанова Дана Корабаевна, магистрант 2 года обучения	Исполнитель проекта	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	3

Продолжение таблицы 7.8

4	Жантуганова Толкын Сарсенбаевна, магистрант 1 года обучения	Исполнитель проекта	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту
Итого:			

Таким образом, исследования ведутся в течение 5 лет.

7.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом включает в себя следующие элементы: план проекта, бюджет научного исследования, организационная структура проекта

7.3.1. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 7.9

Таблица 7.9 – Календарный план проекта

№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка задачи	8	17.09.2015	25.09.2015	Якимов Евгений Валериевич
2	Разработка ТЗ	14	21.09.2015	6.10.2015	Якимов Евгений Валериевич
3	Утверждение ТЗ	1	7.10.2015	8.10.2015	Вавилова Галина Васильевна

Продолжение таблицы 7.9

4	Анализ объекта контроля и разработка технических требований системы регистрации показаний	40	9.10.2015	21.11.2015	Бражанова Дана Корабаевна
5	Анализ современного состояния методов получения информации с экспериментальных установок измерения вибрации	20	21.11.2015	22.12.2015	Бражанова Дана Корабаевна
6	Опыт применения экспериментальных установок измерения вибрации в высших учебных заведениях	30	22.12.2015	23.01.2016	Вавилова Галина Васильевна, Бражанова Дана Корабаевна
7	Принципы разработки программного обеспечения для работы с экспериментальной установкой измерения вибрации	40	25.01.2016	4.03.2016	Бражанова Дана Корабаевна
8	Разработка структуры устройства получения информации	15	4.03.2016	19.03.2016	Бражанова Дана Корабаевна
9	Выбор аппаратного и программного обеспечений устройства получения информации	30	21.03.2016	20.04.2016	Бражанова Дана Корабаевна
10	Разработка схем устройства получения информации	30	21.04.2016	18.05.2016	Бражанова Дана Корабаевна
11	Подготовка демонстрационных материалов для защиты	3	20.05.2016	23.05.2016	Бражанова Дана Корабаевна

Продолжение таблицы 7.9

12	Аттестация руководителем	10	25.05.201 6	4.06.2016	Якимов Евгений Валериевич
	Итого:	251			

7.3.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье приведены в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для офисной техники	SvetoCopy А4. 500 листов/уп.	1	128	128
Катридж	HP C9351AE	1	700	700
Датчик линейного ускорения	15x15	1	800	800
Плата АЦП/ЦАП ZET 210	90 x 110 x 35	1	1200	1200

Продолжение таблицы 7.10

Микропроцессорный измерительно-управляющий блок МИУБ	170x135x60 мм	1	3500	3500
Всего за материалы				6328
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				338,9
Итого по статье C_m				6666,9

2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования учтены затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования, сводятся в таблицу 7.11.

Таблица 7.11 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер высокой мощности	1	15600	15600
Итого:				15600

3. Основная заработная плата

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ по теме. Величина расходов по заработной плате определена

исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Размер окладов ППС и НС ТПУ представлен на корпоративном портале ТПУ. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.11.

Таблица 7.12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель (к.т.н.)	23264,86	1,3	30244,318	1084,45 8	15	16266,87
Эксперт проекта, старший преподаватель	16751,29	1,3	21776,300	902,285	31	27970,835
Исполнитель проекта	8371,46	1,3	10882,898	450,925	218	98301,65

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (13)$$

где Z_{осн} – основная заработная плата;

Z_{доп} – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя и инженера (дипломника) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (14)$$

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

T_р – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 11);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (15)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 7.12).

Таблица 7.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Эксперт проекта	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	48	48
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p, \quad (16)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (17)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (12%);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 7.14 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 7.14 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Эксперт проекта	Исполнитель проекта
Основная зарплата	8675,458	27970,835	96948,875
Дополнительная зарплата	1041,055	3356,5002	11633,865
Зарплата исполнителя	7634,403	24614,3348	85315,01
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	117563,7		

5. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 117563,7 = 35269,11 \text{руб};$$

6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

В этой статье отражены расходы, связанные с полученными в процессе проектирования услугами от сторонних организаций.

Таблица 7.15 – Затраты на услуги сторонних организаций

Услуга	Количество	Стоимость одной единицы, руб.	Сумма затрат, руб.
Распечатка на принтере формат А3	4	5	15
Доступ в Internet	2 месяца	390 (в мес.)	780
Итого:			785

7. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Расчет накладных расходов:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 117563,7 = 94050,96 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ моментного двигателя с ленточной намоткой по форме, приведенной в таблице

Таблица 7.16 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб
1.	Сырье, материал (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	6666,9
2.	Специальное оборудование для научных работ	15600
3.	Основная заработная плата	142539,355
4.	Дополнительная заработная плата	16031,4202
5.	Отчисления на социальные нужды	35269,11
6.	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	785
7.	Накладные расходы	94050,96
Итого плановая себестоимость		310942,745

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

7.4 Оценка сравнительной 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 (табл. 12). 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:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (20)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (21)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которой приведен ниже.

За аналог 1 берется прибор CAPACITANCE 2000 фирмы SIKORA, за аналог 2 – CAPAC HS фирма Zumbach.

Таблица 7.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (разработка)	Аналог 1	Аналог 2
Быстродействие	0,1	4	3	3
Улучшение производительности	0,1	5	2	2
Товар новый	0,2	5	3	2
Простота адаптирования информации	0,2	5	3	3
Возможность установки силами потребителя	0,3	4	3	2
Удобство в использовании	0,1	4	2	2
ИТОГО	1	1,96	1,22	1

$$I_p = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

$$I_{\text{Ана1}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,1 = 2,8$$

$$I_{\text{Ана2}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,1 = 2,3$$

$$I_T^{a2} = 1, I_T^{a1} = 1,22, I_T^p = 1,96$$

Интегральный финальсовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi^p}{\Phi_{\max}}$$

$$C^p = 495417,36 ; C^{a1} = 550000. C^{a2} = 480000 \quad \Phi_{\max} = 700000$$

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi^p}{\Phi_{\max}} = 0,71$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{550000}{700000} = 0,79$$

$$I_{\Phi}^{a2} = 0,69$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a} \quad (22)$$

$$I_{финр}^p = \frac{1,96}{0,9} = 2,18$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{1,22}{1,03} = 1,18$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{1}{1} = 1$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (23)$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{2,18}{1} = 2,18$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта;

$I_{тэ}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{тэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 7.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналоги		Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,79	0,69	0,71
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1,22	1	1,96
3	Интегральный показатель эффективности	1,18	1	2,18
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,18		

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод:

При разработке научно-технического проекта были определены основные и требуемые технико-экономические показатели, такие как количество исполнителей, сроки и продолжительность исполнения, себестоимость программного продукта и эффективность проекта в целом. При планировании и организации НИР составлен перечень работ, необходимых для достижения поставленной цели. По предварительным расчетам себестоимость продукта составила 310940,9 руб. Все работы по проектировке и созданию продукта проводятся в течении четырех месяцев.

8 Социальная ответственность

Предметом диссертационных исследований являются методы улучшения метрологических характеристик двухкоординатного стола.

Основной целью работы является разработка метрологического обеспечения позволяющего оценить метрологические характеристики двухкоординатного стола с ЧПУ собранного на кафедре «Измерительная техника и приборостроение»

Для решения поставленных задач был проведен анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ, анализ методов измерения и принципов применения средств измерения.

В результате анализа были разработаны технические требования к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС, и разработана программа исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ.

Объектом исследования был двухкоординатный стол с ЧПУ собранный на кафедре «Измерительная техника и приборостроение».

Средством измерения служил лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм, обработка результатов измерения проводилось на персональном компьютере.

Результаты исследования могут значительно улучшить метрологические характеристики двухкоординатного стола.

8.1 Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-74* (СТ СЭВ 790-77) [18] оставлен список вредных и опасных факторов, характерных при проведении механических методов оценки технического состояния изделий в виде таблице 8.1.

Таблица 8.1 Опасные и вредные факторы при проведении измерений механических параметров

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Внешний осмотр	1) Превышение уровней шума	6) Движущиеся механизмы станка	ГОСТ 12.0.003-74*
2) Опробование	2) Температура воздуха рабочей зоны (отклонение показателей от нормы)	7) Электрический ток	(СТ СЭВ 790-77)
3) Измерение диапазонов перемещений	4) Недостаточная освещенность рабочей зоны;		СН РК 1.03-35-2006
4) Определение погрешностей измерений	5) Повышенная или пониженная влажность воздуха;		СН РК 2.04-02-2011
5) Обработка данных на персональном компьютере			СНиП РК 4.02-42-2006 СТ РК 1151-2002

В процессе оценки метрологических характеристик двухкоординатного стола возникает необходимость работы с движущимися механизмами стола.

Такой вид работы характеризуется согласно ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и СН РК

1.03-35-2006 «Типовая инструкция по технике безопасности при изготовлении стальных конструкций».

Двухкоординатный стол управляется при помощи персонального компьютера и большая часть работы приходится на персональный компьютер.

В местах для подключения к электрической сети переносных электроприемников тока выполняются надписи, указывающие напряжение сети и род тока [23].

Установка штепсельных розеток и вилок, не соответствующих напряжению сети, не допускается [23].

Токоведущие части оборудования изолированы или ограждены либо размещены в недоступных для людей местах. Металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением, заземлены (занулены) в соответствии с требованиями к устройству электроустановок [23].

Опасные части, находящиеся под напряжением, не должны быть доступными, а доступные проводящие части не должны находиться под опасным напряжением [24].

Для безопасной работы с двухкоординатным станком необходимо принять одну из следующих мер защиты по ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования [24]:

- защиту при повреждении обеспечивают посредством автоматического отключения питания.
- защиту при повреждении обеспечивают посредством дополнительной изоляции;
- защиту при повреждении обеспечивают посредством системы защитного уравнивания потенциалов, препятствующей возникновению опасных напряжений между одновременно доступными открытыми и сторонними проводящими частями.

- посредством простого разделения отделенной электрической цепи от других электрических цепей и от земли;

- посредством незаземленной системы защитного уравнивания потенциалов, взаимно соединяющей открытые проводящие части отделенной электрической цепи, когда к отделенной электрической цепи присоединено несколько единиц электрооборудования [24] .

Внутренние поверхности дверей, в ограждениях закрывающихся движущиеся элементы оборудования (на пример, шестерни, шкивы), к которым периодически необходим доступ для наладки, смены ремней и тому подобные, окрашиваются в желтый сигнальный цвет [23].

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении времени работы с компьютером должны устанавливаться регламентированные перерывы.

Перед началом работы необходимо убедиться, что мониторы компьютера имеют антиблоковое покрытие с коэффициентом отражения не более 0,5. Покрытие должно также обеспечивать снятие электростатического заряда с поверхности экрана, искрение и накопление пыли. Корпус монитора должен обеспечивать защиту от ионизирующих и неионизирующих излучений.

Не допускается нахождение второго рабочего места со стороны задней стенки компьютера.

Согласно Санитарным правилам оптимальными параметрами температуры в учебной лаборатории являются 19-21, допустимыми 18-22, относительная влажность воздуха 62-55% и соотв. 39-31%.

В учебной лаборатории следует осуществлять сквозное проветривание для улучшения качественного состава воздуха, ежедневно проводить влажную уборку. Для повышения влажности воздуха следует использовать увлажнители.

Учебной лаборатории, где находятся компьютеры относится к пожароопасному помещению категории «В-3», поэтому необходимо иметь углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 и уметь им пользоваться.

Обратить внимание на заземление, так как в компьютере используются микросхемы, чувствительные к статическому электричеству. Обратить особое внимание на целостность изоляции всех кабелей и разъемов, чтобы не оказаться неожиданно под напряжением относительно земли. Запрещается самостоятельно вскрывать корпус компьютера, из-за высокого напряжения внутри. Исключается работа с компьютером и его периферийными устройствами с открытым корпусом, самостоятельно переключать силовые и интерфейсные кабели, проливать жидкости и т.д. Рабочее место работающего на компьютере предусмотрено оборудовать специальной мебелью: вращающимся стулом с изменяемой высотой сиденья и угла наклона спинки.

Несоблюдение требований к микроклимату помещения может не только резко снижать производительность труда, вызывать потери рабочего времени из-за увеличенного числа ошибок в работе, но и приводить к функциональным расстройствам или хроническим заболеваниям органов дыхания, нервной системы, иммунной системы.

Освещенность помещения является важным фактором для здоровья человека. Недостаточность освещенности пагубно сказывается на эффективности труда, зрении рабочих и здоровье организма в целом.

Освещенности помещения с рабочим местом регламентируется СН РК 2.04-02-2011 [19].

По СН РК 2.04-02-2011 освещенность в рабочем помещении с персональным компьютером должна составлять 300-500 люкс, коэффициент естественной освещенности при верхнем или комбинированном освещении 3,5, при боковом освещении 1,2, при верхнем или комбинированном освещении 2,1, при боковом освещении 0,7.

Естественный свет должен падать через боковые проемы. Основной поток естественного света должен быть слева, не допускается справа, сзади и спереди работающего на компьютере. на окнах должны быть занавеси в

два раза больше ширины окна. Запрещается применять для окон черные занавеси.

При общем равномерном освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Световые приборы для общего и местного освещения со светодиодами должны иметь защитные углы или рассеиватели, исключающие попадание в поле зрения работающего прямого излучения.

Для поддержания нормированных значений освещенности необходимо:

- регулярно (не реже двух раз в год) очищать оконное стекло и светильники;

- своевременно проводить замену перегоревших ламп.

Одним из неблагоприятных факторов производственной среды в учебной лаборатории является высокий уровень шума, создаваемый печатными устройствами, оборудованием для кондиционирования воздуха, вентиляторами систем охлаждения в самих ЭВМ и станков [19].

Допустимый уровень шума для рабочего места оператора по ГОСТ 27409-97, не должен превышать 65 дБ.

Наиболее эффективным способом снижения шума является воздействие на причину, его порождающую, т.е. источник возникновения шума.

Для предметного решения этой задачи в каждом конкретном случае необходимо знать, до какого предела следует снижать шум машины. Наряду с санитарным нормированием шума и на его базе необходимо проводить техническое нормирование источников шума, состоящее в установлении предельно допустимых шумовых характеристик (ПДШХ) машин, удовлетворение которым обеспечивает выполнение норм шума, воздействующего на людей при данных условиях эксплуатации [19].

Информация о ПДШХ позволяет разработчикам на этапе подготовки требований к разрабатываемому изделию, с учетом типовой практики его

применения, сознательно решать вопросы по обеспечению требуемых шумовых характеристик, принимать профилактические меры по снижению шума в источнике его возникновения и совместно с конструкторской проработкой вести акустическое проектирование изделия. Если же по тем или иным причинам (например, экономического характера) не удастся добиться обеспечения требуемых пределов излучаемого шума и приходится ограничиваться установлением технически достижимого значения шумовой характеристики, проектировщики помещений и покупатели оборудования еще до начала эксплуатации смогут принять необходимые меры по снижению шума на пути его распространения до рабочих мест и обеспечить выполнение санитарных норм шума, воздействующего на обслуживающий персонал.

Для снижения уровня шума необходимо произвести звукоизоляцию, комплекс мероприятий по снижению уровня шума.

Ослабление шума с помощью звукоизоляции осуществляют средствами, в основе которых лежит применение акустических материалов. Эффективность звукоизоляции характеризуют коэффициентом отражения, который численно равен доле энергии звуковой волны, отраженной от поверхности ограждения, изолирующего источник шума.

К наиболее распространенным средствам звукоизоляции относят:

- применение звукоизолирующих кожухов и кабин; увеличение массы преграды;

- разобшение легкой строительной конструкции сплошным воздушным промежутком на отдельные части;

- устранение или уменьшение жестких связей между элементами разобщенной конструкции;

- заполнение воздушного пространства в двойных легких перегородках звукопоглощающими материалами;

- повышение воздухопроницаемости преграды.

Звукоизолирующими кожухами закрывают наиболее шумные машины и механизмы, локализуя таким образом источник шума. Внутреннюю поверхность стенок кожуха рекомендуют облицовывать звукопоглощающим материалом.

Работа, связанная с обработкой результатов измерений механических параметров, относится к III категории работ – продолжительность работ группы В превышает 4 ч. Работа пользователей компьютеров характеризуется значительным напряжением зрительных анализаторов. Для предотвращения умственного перенапряжения, эмоциональных перегрузок монотонности труда следует выполнять следующие рекомендации: совершать перерывы каждые 2 часа не менее 20 минут или же по 5-15 минут через каждый час работы. Общая продолжительность дополнительных перерывов составляет 60 минут.

8.2 Экологическая безопасность

С развитием науки и техники окружающая среда подвергается различным антропогенным воздействиям: электромагнитные поля, выбросы углекислого и прочих газов и др. Многочисленные источники загрязнения наносят серьезный ущерб окружающей среде.

Таким образом, охрана окружающей среды является важным фактором при проектировании и проведении исследования.

При оценке метрологических характеристик двухкоординатного стола выбросов вредных или опасных газов в атмосферу не происходит.

Источников загрязнения в виде отходов тоже нет.

При рассмотрении влияния ПК и двухкоординатного стола на атмосферу и гидросферу можно сказать, что воздействия не оказываются.

В помещении нет отходов, которые нуждаются в специальной утилизации.

В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

В случае выхода из строя двухкоординатного станка он также будет подвержен демонтажу, извлечению различных материалов из списанных технических средств, а также сортировку, разделку, упаковку и продажу (или сдачу на захоронение)

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На таком объекте как учебная лаборатория могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации (ЧС) как: техногенные, экологические, природные.

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в учебной лаборатории являются пожары и взрывы. Эта ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей.

Основными причинами пожара в учебных лабораториях являются:

1) Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами.

3) Обогрев учебной лаборатории с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами. В помещениях с большим количеством справочной литературы и бумажных документов, которые являются

легковоспламеняющимися предметами, использование таких обогревательных приборов небезопасно. Их исключение либо замена аналогами ликвидирует данную причину пожара.

4) Короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Для того что бы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- проведение инструктажа лаборантов о пожаробезопасности.

Помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения в соответствии с нормами. На 100 м² пола необходимо иметь:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- ящик с песком на 0,5 м³ – 1 шт.;
- железные лопаты – 2 шт.

В число предупредительных мероприятий могут быть включены мероприятия, направленные на устранение причин, которые могут вызвать пожар (взрыв), на ограничение (локализацию) распространения пожаров, создание условий для эвакуации людей и имущества при пожаре, своевременное обнаружение пожара и оповещение о нем, тушение пожара, поддержание сил ликвидации пожаров в постоянной готовности. Соблюдение технологических режимов производства, содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину возгорания. Своевременное обнаружение пожара может достигаться оснащением производственных и бытовых помещений системами автоматической пожарной сигнализации или, в отдельных случаях, с помощью организационных мер.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 113, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

8.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Правильная организация труда и отдыха работников необходимо для уменьшения воздействия психофизиологических факторов, таких как монотонность труда, эмоциональная напряженность и умственная усталость.

Необходимо проверить рабочее положение компьютера и двухкоординатного стола расстояние между стеной с оконными проемами и столом должно быть не менее 0,8 м.

Расстояние между рабочим столом и компьютером должно быть не менее 0.5 м по ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [21].

Органы ручного управления двухкоординатного стола выполняются и располагаются так, чтобы пользование ими было удобно, не приводило к защемлению и наталкиванию руки на другие органы управления и части оборудования с исключением случайного воздействие на эти органы.

Все виды приспособлений (кондукторы, патроны, планшайбы, магнитные плиты, оправки и другие) должны соответствовать ГОСТ 12.2.029 «Приспособления станочные. Общие требования безопасности» [22].

Работать на неисправном оборудовании, с неисправными или не закрепленными ограждениями не допускается [23].

При размещении рабочего места необходимо придерживаться следующих требований:

- рабочее место должно быть размещено таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (оптимально – слева);

- экран видеомонитора должен находиться от глаз на оптимальном расстоянии 600-700мм, но не ближе 500мм.

- высота рабочей поверхности, при организации рабочего места 680 мм;

- высота сиденья 420 мм;

- очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

- сидения, используемые в лаборатории, должны быть снабжены подъемно-поворотным механизмом, позволяют регулировать угол наклона, как самого сидения, так и спинки;

- пространство для ног (ширина не менее 500 мм).

Продолжительность непрерывной работы с компьютером и двухкоординатным станком без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов.

Обеспечение выполнения данных требований к компоновке рабочей зоны позволит улучшить качество и производительность труда инженера – лаборанта, снизить влияние действия психофизиологических факторов, обеспечить рациональный и безопасный труд.

