

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Приборостроение
Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации
Кафедра точного приборостроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Система сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments

УДК 681.586'32:550.348.038.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназар		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П.Ф.	К. Т. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

По разделу «Конструирование и вопросы технологии»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедры ТПС	Бориков Валерий Николаевич	Д. Т. Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Способность совершенствовать и повышать свои специальные знания в области математических, физических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;
P2	Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.
P3	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P4	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты инженерной деятельности в областях контроля деформации измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя макеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.
P6	Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и социальную ответственность.
P7	Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.
P8	Умение разрабатывать результаты исследований по анализу; способность разработать и проводить оптимизацию натуральных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности.
P9	Умение организовывать современное обеспечение технологических процессов производства приборных систем; решать экономические и

	организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.
P10	Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.
P11	Способность формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности

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 точного приборостроения

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназару

Тема работы:

Система сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 643/с от 03.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2017 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Цель работы – разработка, исследование и экспериментальная апробация измерительно-информационной системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments. Объектом исследования является система сбора данных.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучены сейсмическая активность и оценка сейсмостойкости зданий и сооружений; Рассмотрены сейсмические датчики; Выбор первичных измерительных преобразователей (сейсмических датчиков) для измерительно-информационной системы сбора и обработки данных; Выбор устройства сбора данных; Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных с сейсмических датчиков в среде графического программирования LabVIEW;

	Экспериментальные исследования системы; Конструирование и вопросы технологии; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность; Выводы по результатам работы.
Перечень графического материала	ФЮРА.402000.168. ВО – Блок акселерометра; ФЮРА.402000.168. 001 – Корпус; ФЮРА.402000.168. 002 – Крышка; ФЮРА.402000.168.СП – Спецификация элементов деталей.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Конструирование и вопросы технологии	Гормаков А.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В. С.
Социальная ответственность	Мезенцева И. Л.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Раздел 3 Программное обеспечение системы сбора с акселерометров	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П. Ф.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназар		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки Приборостроение
 Уровень образования магистратура
 Кафедра точного приборостроения
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.11.2016	Изучение сейсмическую активность и оценку сейсмостойкости зданий и сооружений.	
20.01.2017	Сейсмические датчики.	
13.03.2017	Разработка программное обеспечение системы сбора с акселерометров: – Выбор первичных измерительных преобразователей (акселерометра LIS331DLH) для измерительно-информационной системы сбора и обработки данных; – Выбор устройства сбора данных NI MyRIO 1900; – Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных с акселерометров в среде графического программирования LabVIEW.	
17.04.2017	Проведение экспериментальные исследования.	
08.05.2017	Раздел «Конструирование и вопросы технологии».	
22.05.2017	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	
30.05.2017	Раздел «Социальная ответственность».	
08.06.2017	Выводы по результатам работы.	
14.06.2017	Оформление ВКР и представление работы рецензенту	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Баранов П. Ф.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПС	Бориков В. Н.	д.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназару

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Конструирование и вопросы технологии»:

1. Объекта разработки и область его применения	Объектом исследования является блок акселерометра БА.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Разработка конструкции БА.
2. Проектирования технологического процесса сборки БА.
3. Оценка технологичности конструкции БА.
4. Проектирование технологического процесса изготовления корпуса.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназар		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназару

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ.

Перечень графического материала

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназар		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназару

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Точное приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является сейсмодатчик. Данный проект система сбора данных с сейсмодатчиков обеспечивает сбор и обработку данных, оповещение служб МЧС о надвигающейся опасности (землетрясение).
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении, превышение уровней шума, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышение уровня электромагнитных излучений, психофизиологические вредные факторы. Опасные факторы: электробезопасность, пожарная и взрывная безопасность.
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	
2. Экологическая безопасность	Анализ воздействия сейсмодатчика на литосферу (отходы).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Типичная ЧС при эксплуатации сейсмодатчика: землетрясения.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Правовые и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент, каф. Экологии и безопасности жизнедеятельности	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5В	Рустембек уулу Абдиназар		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 186 с., 91 рис., 47 табл., 51 формул, 48 источников, 2 прил.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмостойкость, сейсмические датчики, акселерометр, Ni MyRIO, LabVIEW, программное обеспечение интерфейса, регистры, ускорение и вибрация.

Объектом исследования является система сбора данных.

Цель работы – разработка, исследование и экспериментальная апробация измерительно-информационной системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments.

В процессе исследования проводились аналитический обзор сейсмических датчиков и сейсмическая активность зданий (сооружений). Выбор первичных измерительных преобразователей акселерометра и устройства сбора данных NI MyRIO. Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных.

В результате исследования проведена экспериментальная апробация измерительно-информационной системы. Результаты подтвердили ее пригодности.

Степень внедрения: макетный образец.

Область применения: в высотных зданиях и сооружениях.

Экономическая эффективность/значимость работы: В результате технико-экономического анализа с вариантами установки выбран наиболее экономически эффективный вариант.

В будущем планируется провести дальнейшие исследования.

Определения, обозначения и сокращения

Микроэлектромеханические системы: Представляют собой устройства микросистемой техники, выполненные по технологии объёмной микромеханики, сформированные путём локального вытравливания подложки, легирования, нанесения на неё материала и т. д. Размеры MEMS лежат в диапазоне от 1 микрона до нескольких миллиметров, в зависимости от мощности, области применения, наличия встроенных схем обработки и количества элементов.

NI myRIO: Устройства или платформа для разработки инженерных систем студентам и инженерам.

Акселерометр: Прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

IMU-сенсор (Inertial measurement unit): Инерционное измерительное устройство позволяет определить положение девайса в пространстве.

LabVIEW (Virtual Instrumentation Engineering Workbench): Графическая среда программирования, где можно быстро разрабатывать приложения и масштабировать их для разных устройств и операционных систем.

Интерфейс I²C (Inter-Integrated Circuits): Последовательный протокол обмена данными для передачи данных две двунаправленные линии связи, которые называются шина последовательных данных SDA и шина тактирования SCL.

Сейсмостойкость: Характеристика зданий и сооружений, описывающая степень их устойчивости к землетрясениям в пределах допустимого риска.

Сейсмический датчик: Датчик предназначен для регистрации сейсмических воздействий на здание и сооружение и формирование

дискретных аварийных сигналов о превышении установленного уровня сейсмоускорения.

ССИ – система сбора информации;

ВОДД – волоконно-оптический датчик деформации;

МЭМС (MEMS) – микроэлектромеханические системы;

NI – National Instruments;

I²C – Inter-Integrated Circuits;

SDA – Serial Data;

SCL – Serial Clock;

БА – блок акселерометра;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина.

Нормативные ссылки

СНиП II-7-81*. Строительные нормы и правила. «Строительство в сейсмических районах»;

СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Санитарные нормы. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»;

ГОСТ Р 52892-2007. «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию»;

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;

ГОСТ 12.1.038-82*. Система стандартов безопасности труда. «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;

ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. «Пожарная безопасность»;

СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999). ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности»;

СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»;

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Санитарные правила и нормы. «Электромагнитные излучения. Радиочастотного диапазона»;

СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях»;

СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

ГОСТ Р 22.0.01-94. «Безопасность в ЧС. Основные положения»;

ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;

ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

Содержание

Введение.....	17
1 Сейсмическая активность зданий и сооружений.....	20
1.1.Землетрясения и причины их возникновения.....	20
1.1.1. Сейсмические шкалы, используемые в мире.....	22
1.2.Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений.....	25
2 Сейсмические датчики.....	34
2.1.Тензометрические датчики.....	35
2.2.Оптоволоконный датчик.....	39
2.2.1. Волоконно-оптический датчик деформации.....	41
2.3. Инклинометр.....	43
2.4.MEMS акселерометр.....	45
Вывод.....	49
3 Программное обеспечение системы сбора с акселерометров.....	50
3.1.National Instruments (NI) MyRIO 1900.....	50
3.2.Графическая среда программирования LabVIEW.....	53
3.3.Сравнение и подбор акселерометров.....	55
3.3.1. IMU-сенсор (Тройка-модуль).....	56
3.3.2. Акселерометр на основе LIS331DLH.....	59
3.3.3. Интерфейс I ² C.....	65
3.4.Программное обеспечение.....	67
3.4.1. Подбор регистров акселерометра LIS331DLH.....	72
3.4.1.1.Определяем двоичный код для регистра CTRL_REG1 (20h).....	74
3.4.1.2.Определяем двоичный код для регистра CTRL_REG2 (21h).....	76
Вывод.....	78
4 Экспериментальные исследования.....	79
4.1.Проведение эксперимента на столе.....	79
4.2.Измерение ускорение здания от проходящих трамваев.....	83
4.2.1. Результаты измерения в точках.....	87
Вывод.....	101

5	Конструирование и вопросы технологии.....	102
5.1.	Разработка конструкции БА.....	102
5.2.	Материал БА из АБС – пластика «ABS 2020-30».....	104
5.3.	Выбор системы сбора и передача данных с датчиков на компьютер (проводная связь)	106
5.4.	Схема сборочного состава.....	107
5.5.	Оценка технологичности конструкции БА.....	109
5.6.	Проектирование технологического процесса изготовления корпуса..	112
5.7.	Статический анализ сборочной конструкции БА.....	115
	Вывод.....	119
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	120
6.1.	Предпроектный анализ.....	120
6.1.1.	Потенциальные потребители результатов исследования.....	120
6.1.2.	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	121
6.1.3.	SWOT-анализ.....	123
6.2.	Инициация проекта.....	126
6.2.1.	Цели и результат проекта.....	126
6.2.2.	Организационная структура проекта.....	127
6.3.	Планирование научно-исследовательских работ.....	128
6.3.2.	План проекта.....	128
6.3.3.	Бюджет научного исследования.....	130
6.3.3.1.	Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.....	131
6.3.3.2.	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	132
6.3.3.3.	Расчет основной заработной платы.....	132
6.3.3.4.	Расчет дополнительной заработной платы.....	134
6.3.3.5.	Расчет отчислений на социальные нужды.....	134

6.3.3.6.Расчет накладных расходов.....	135
Вывод.....	135
7 Социальная ответственность.....	137
7.1.Производственная безопасность.....	137
7.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	139
7.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	146
7.2.Экологическая безопасность.....	148
7.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	149
7.4.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	151
Вывод.....	155
Заключение.....	156
Список публикаций.....	157
Список использованных источников.....	158
Приложение А.....	162
Приложение Б.....	182

Введение

Система сбора данных с сейсмических датчиков обеспечивает сбор и обработку данных, оповещение служб МЧС о надвигающейся опасности.

Крупнейшие геофизические катастрофы, связанные с многочисленными жертвами и разрушениями, происходят в результате сейсмической активности литосферы, которая чаще всего проявляется в виде землетрясений. Во многих странах мира существует необходимость строительства зданий и сооружений в сейсмически опасных районах. Опыт всех последних разрушительных землетрясений и анализ их последствий свидетельствуют о том, что проблема надежной сейсмозащиты граждан и их жилищ до сих пор так и не решена [1].

Известно, что в процессе эксплуатации здания и сооружения изнашиваются и теряют свою несущую способность. Наибольший износ здания и сооружения получают при воздействии сейсмических и вибрационных нагрузок. Понятно, что источниками сейсмических нагрузок могут быть не только землетрясения, но и промышленные взрывы. Источниками вибрационных нагрузок являются крупные промышленные установки, наземные и подземные транспортные средства. От постоянного или периодического воздействия таких нагрузок в зданиях и сооружениях могут накапливаться и в некоторый момент времени лавинообразно образовываться сильные, тяжелые и катастрофические разрушения конструктивных элементов. Эксплуатация зданий с поврежденными конструктивными элементами может привести к катастрофическим обрушениям зданий и сооружений в том числе, и человеческими жертвами.

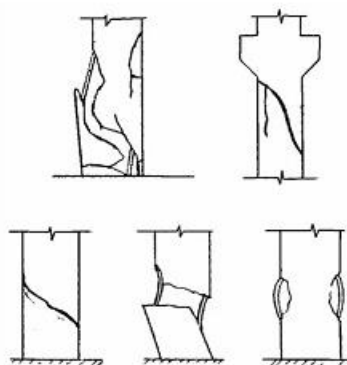


Рисунок 1 – Характерные типы разрушения несущих колонн и опор многоэтажных (сверху) и одноэтажных(снизу) зданий.

Картина сейсмического разрушения при землетрясениях дает единственно достоверную информацию о характере разрушающих воздействий. По характеру разрушения конструкций всегда можно определить предшествовавшее ему напряженно-деформированное состояние и на основе этого воссоздать характер разрушающего воздействия. Принцип этого процесса состоит в следующем: на каждое конкретное разрушающее воздействие строительные конструкции реагируют адекватно ему - в них появляется совокупность различных трещин определенного вида. Совокупность трещин (рисунок 1) характеризуется их типом, расположением, направлением и т.д [1]. Для своевременного предупреждения опасностей такого рода в настоящей работе предлагается распределенная система сбора данных с сети акселерометров, которая обеспечивает сбор и обработку данных и оповещение служб МЧС о надвигающейся опасности.

Системы сбора информации (ССИ) занимают ключевое место при автоматизации экспериментов в научных исследованиях. Характеристиками ССИ являются количество линий, связывающих персональный компьютер (ПК) с датчиками информации, скорость передачи, а также простота конструкции, возможность дальнейшего развития и модернизации системы. Эти характеристики наряду с другими влияют на стоимость и время проведения эксперимента.

Цель работы – разработка, исследование и экспериментальная апробация измерительно-информационной системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments.

Задачи работы:

- Выбор первичных измерительных преобразователей (сейсмических датчиков) для измерительно-информационной системы сбора и обработки данных;
- Выбор устройства сбора данных;
- Разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных с сейсмических датчиков в среде графического программирования LabVIEW;
- Экспериментальная апробация измерительно-информационной системы.

1 Сейсмическая активность зданий и сооружений

1.1. Землетрясения и причины их возникновения

В некоторых местах земного шара землетрясения происходят очень часто и влекут за собой большие разрушения и человеческие жертвы [2].

В настоящее время во многих научно-исследовательских институтах различных стран мира проводятся большие работы в поисках методов предсказаний интенсивности, времени и место возникновения землетрясений методов их прогноза [1]. Если пока нельзя предотвратить возникновение землетрясения, то можно значительно ослабить его вредные последствия. Важное значение имеет так называемое сейсмическое районирование, задачей которого является установить в каких местах, как часто и какой силы бывают землетрясения. Если решать эту задачу, то станет ясным где безопаснее возводить сооружения и какие строительные мероприятия требуется для того чтобы здания противостояли разрушительной силы землетрясения [3].

Первый шаг в прогнозе землетрясений – это продумать, где они могут происходить. В настоящее время эти размышления опираются на исторические источники, сведения о живущих разломах, результаты съемок, изучение зон сейсмических затиший. В России, Японии, США и других странах за последние годы достигнуты заметные успехи в изучении способов предсказания землетрясений и имеются успешные примеры прогноза. На пример на Камчатке способом измерения скорости сейсмических волн при взрывах был обнаружен район, где готовилось землетрясение, которое и реализовалось через 3 месяца после обнаружения аномалии [1].

При землетрясении потенциальная энергия, накопленная в очаге землетрясения, при упругих деформациях пород переходит в кинематическую, возбуждая сейсмические волны в окружающих очагах породы. Упругие волны, достигая поверхности Земли, производят колебания грунта, что и является причиной разрушений тектонических сооружений [3].

Место внутри Земли, в котором произошло локализация напряжений с последующими нелинейными деформациями и разрушением пород, называют гипоцентром или очагом.

Эпицентр это проекция гипоцентра на земную поверхность, т.е. это условная точка на Земле, расположенная над очагом землетрясения [3].

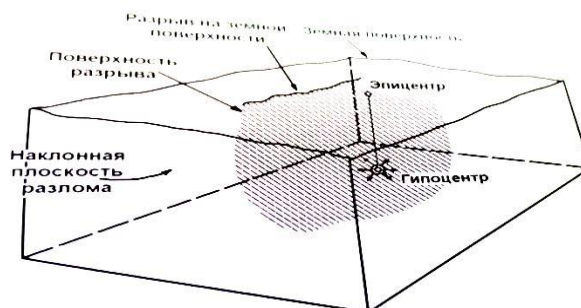


Рисунок 1.1 – Очаг землетрясений

Сейсмоопасным областями считаются также области сейсмического затишья, где не происходит слабые землетрясения. Когда установлен район, где вероятно землетрясение.

Глубиной очага землетрясения называется расстояние от поверхности Земли по нормали до гипоцентра, или очага. В зависимости от глубины (h) очага, землетрясения подразделяют на мелко фокусные (при глубине фокуса очага 0-70 км), промежуточные (70-300 км), и глубокофокусные более (300 км). Максимальная зарегистрированная глубина очага около 700 км [3].

Образующиеся вокруг очага трещины имеют различные размеры и излучают различные волны, длина которых уменьшается с уменьшением длины трещины. Наличие в очаге различных по мощности трещин приводят к образованию богатого различными частотами спектра колебаний. Имеется несколько типов упругих волн, различающихся характером и скоростью распространения различных в средах. В результате землетрясения возникает три основных типа упругих волн.

Продольные волны, вызывающие последовательно меняющейся деформации сжатия – растяжения пород. Поперечные или вторичные волны. Они обозначаются буквой S. Волны S имеют меньшую, чем волны P скорость

(средняя скорость - 5 км/с) и поэтому приходит к наблюдательному пункту позже. Эти волны вызывают наибольшие ускорения и поэтому особенно опасны для сооружения.

Поверхностные волны или волны L скорость этих волн наименьшая из рассмотренных. Эти волны имеют большие периоды (10-400с) и распространяется только по поверхности земли, вызывая наибольшие по величине смещения. Однако они не создают больших ускорений [1].

Если место будущего землетрясения было найдено с достаточной точностью, то там можно установить сети наблюдений за предвестниками, которые позволят предсказать землетрясение за 4-5 ч до него. С помощью таких сетей проводят непрерывные наблюдения за движением земной. Однако на современном уровне знаний нам на это надеяться, так, как нам пока еще слишком малоизвестно о том, какой объем наблюдений необходим для успешного прогноза. Прогресс будить, возможен в результате многолетних наблюдений предвестников в районах, где происходит землетрясения. Разумеется, предсказание времени землетрясения является более сложной задачей. Все что можно пока предпринять в этом направлении – это проводить долговременные наблюдения за изменениями физического объёма земной коры в области, где предполагается землетрясение. Прогноз землетрясений находится пока в зачаточном состоянии. В последнее время значение изучения различных предвестников чрезмерно преувеличивается.

1.1.1. Сейсмические шкалы, используемые в мире

В разных странах мира начиная с 18 века, было предложено около 50 сейсмических шкал, для использования оценки интенсивности землетрясений [1]. Байот и Хаунзер за меру сейсмической интенсивности предложили, принят спектр реакций линейных осцилляторов с различными периодами свободных колебаний. Это идея нашла свое дальнейшее развитие в работах А.Г.Назарова и Б.К. Карапетяна, предложивших для измерения сейсмической интенсивности принять много маятниковый сейсмометр, состоящий из

набора горизонтальных и вертикальных линейных осцилляторов, снабженных демпферами при логарифмическом декременте в пределах 0,3 – 0,4 [3].

В 1883 году появилось шкала Росси-Фореля, которая быстро получило распространение во многих странах. В 1911 году русский сейсмолог Б.Б. Голицын, используя, данные по опрокидыванию параллелепипедов высотой от 8 до 83 см при ускорениях колебаний основанная от 20 до 220 см/с² предложил 10-бальную шкалу. В 1917 году Международной сейсмической ассоциацией была принята 12-балльная шкала Меркали-Зиберга, который пользуется и в ряде европейских стран. В Соединенные Штаты Америки применяют 12 – балльную так называемую модифицированную шкалу Меркали предложенную в 1931 году Вудом и Ньюманом [1].

Максимальное число сотрясения в современных шкалах интенсивностей – 12 (их называют балами). Наиболее распространены американская модифицированная шкала Меркали (ММ), международная шкала MSK-1964 (рекомендовано ЮНЕСКО) (Медведев-Спонхейер-Карник) и российская шкала, разработанная, ИФЗ Последняя шкала на территории России положена в основу норм «Строительство сейсмичеких районах» СНиП 11-7-81. Все 3 шкалы близки между собой [4].

1.1.2. Ускорения и скорости колебаний при землетрясениях и регистрация сейсмических колебаний

При ускоренном движении электрических зарядов происходит испускание электрических колебаний. Согласно общей теории относительности, быстродвижущаяся масса излучает часть своей энергии в виде гравитационных волн.

Существование гравитационных волн в природе давно уже доказано теоретически. Экспериментальное подтверждение выводов теории встречает большие трудности.

При изыскании принципов проектирования зданий и сооружений для сейсмических районов недостаточно знать только спектры действия.

Необходимо сведения об ожидаемых значениях величин самих колебаний грунта, таких как смещения, скорости, ускорения и деформации.

Такие величины требуется для разработки методов проектирования всех типов сооружений, но в особенности для сооружений, имеющих большие горизонтальные размеры или значительно заглубленных в землю, а также опорных элементов всех зданий. Получение записей ускорений колебаний при сильных землетрясениях связано с большими трудностями; по этому таких записей сравнительно мало, хотя акселерограммы землетрясений весьма ценны для решения задач инженерной сейсмологии [3].

Для получения записей землетрясений необходима густая сеть инженерно-сейсмических станций, снабженных аппаратурой для регистрации сильных землетрясений. Такая служба в России уже создана, ее называют инженерно-сейсмометрической службой (ИСС). Записи сильных землетрясений позволяют получить полную и подробную информацию о колебаниях грунта, величинах его скоростей, смещений, ускорений, деформаций и т.п. Эти величины требуются для разработки методов проектирования в сейсмических районах ответственных зданий и сооружений: плотин, шлюзов, дамб, атомных электростанций, тоннелей и т.п [5].

Сейсмограф – регистрирует смещения грунта (рисунок 1.2). Собственный период колебаний его маятника больше периода сейсмических колебаний: $T_{соб.} > T_{сейсм.}$, при ζ примерно равном 0,7. Осциллограмму землетрясения, полученную с помощью сейсмографа, называют сейсмограммой.

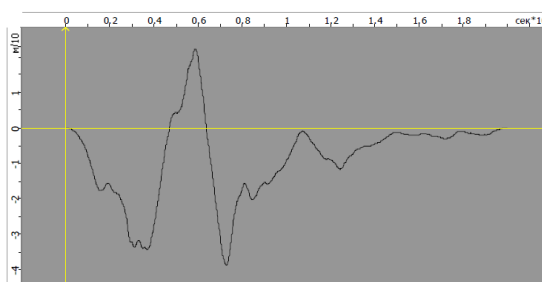


Рисунок 1.2 – Амплитудный спектр

Велосиграф – прибор регистрирует скорости смещений грунта (рисунок 1.3). Период колебаний его маятника примерно равен периоду колебаний грунта: $T_{соб.} \approx T_{сейсм.}$, а коэффициент затухания ζ больше критического. С помощью этого прибора получают велосиграмму.

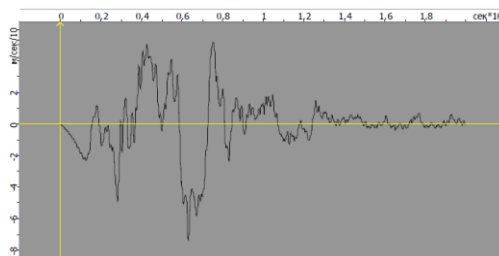


Рисунок 1.3 – Велосиграмма

Акселерограф – регистрирует ускорения, возникающие при колебаниях грунта (рисунок 1.4). Здесь период собственных колебаний маятника прибора меньше периода колебаний грунта: $T_{соб.} < T_{сейсм.}$, а коэффициент затухания $\zeta \approx 0,5$. Получаемую с помощью акселерографа осциллограмму называют акселерограммой.

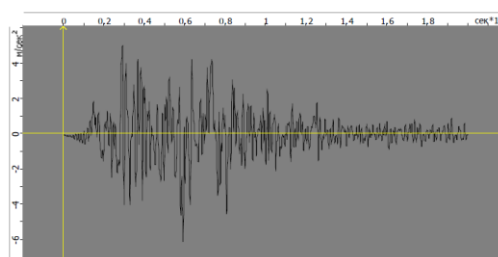


Рисунок 1.4 – Акселерограмма

1.2. Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений

При проектировании зданий и сооружений сейсмостойкость устанавливается исходя из того, что в случае землетрясения, интенсивность которого не превышает предусмотренную нормами для данной площадки строительства расчетную величину, не наступили предельные состояния с определенной обеспеченностью, подразделяющиеся на две группы [6]:

Первая – по потере несущей способности или полной непригодности сооружения к эксплуатации. При этом допускаются повреждения отдельных элементов конструкций или их остаточные деформации.

Вторая – по наступлению непригодности сооружения к нормальной эксплуатации, определяемой технологическими или бытовыми условиями в зависимости от назначения этого сооружения.

Условия сейсмостойкости могут быть записаны в виде неравенства:

$$\bar{Y} \leq \phi \quad (1.1)$$

$$f \leq [f] \quad (1.2)$$

В неравенстве (1.1) – \bar{Y} представляет собой усилия или их напряжения, возникающие в элементах сооружений при особом состоянии нагрузок.

$$\bar{Y} = \bar{Y}_n + \bar{Y}_d + \bar{Y}_e + \bar{Y}_s = n_{cn} \bar{Y}_n + n_{cd} \bar{Y}_d + n_{ce} \bar{Y}_e + \bar{Y}_s \quad (1.3)$$

где $n_{cn}=0,9$; $n_{cd}=0,8$; $n_{ce}=0,5$ $n_{cs}=1$ – соответственно коэффициенты сочетаний для постоянных, временных, длительных, кратковременных (на перекрытия и покрытия) сейсмических нагрузок.

Величина ϕ характеризует с определенной обеспеченностью предельную несущую способность конструкции при допущении образования в ней некоторых повреждений, возникновение которых неопасно для жизни людей и потери материальных ценностей. Величина f зависит от вида напряженного состояния конструкции и в общем виде при проверке с учетом сейсмических нагрузок определяется формулой:

$$\phi = \phi(m_{кр}, m_t, R_i, \Omega, l) \quad (1.4)$$

Расчеты сооружений с учетом сейсмических воздействий производятся:

А – на условные сейсмические нагрузки, определяемые с использованием допущения об упругом деформировании системы;

Б – на сейсмические воздействия, заданные в виде записей реальных или искусственно синтезированных акселерограмм, выбираемых с учетом имеющихся прошлых инструментальных данных и результатов микрорайонирования. При расчете типа **А** обычно применяется динамическая модель здания, у которого сосредоточенные массы от вертикальных нагрузок $Q_1 \dots Q_n$ расположены на уровне перекрытий.

Расчетная сейсмическая нагрузка в выбранном направлении S_{ik} , приложенная в т. k и соответствующая i -й форме собственных колебаний сооружения определяется по формуле:

$$S_{ik} = k_i k_2 S_{oik} \quad (1.5)$$

где k_i – коэффициент, учитывающий допускаемый уровень повреждаемости зданий;

k_2 – коэффициент, учитывающий конструктивные решения здания;

Нормами повышаются запасы прочности стен при выполнении кладки вручную.

Значение S_{oik} представляет собой значение сейсмической нагрузки при i – той форме собственных колебаний, определяемое по формуле:

$$S_{oik} = AK_{\psi} \beta_i \eta_{ik} Q_k \quad (1.6)$$

где $A = y_{0\max}/g$ – относительная величина максимальных ускорений основания в зависимости от расчетной сейсмичности, равная при 7 баллах – 0,1 м/с²; при 8 баллах – 0,2 м/с² и при 9 баллах – 0,4 м/с²;

k – коэффициент в формуле (1.6) зависит от диссипативных свойств конструкций и их оснований;

β – коэффициент динамичности, принимается в зависимости от периодов собственных колебаний T или по формулам для грунтов категории:

$$\text{I категории по таблице СНиП II-7-81 [7] – } 0.8 \leq \beta_i = \frac{1}{T_1} \leq 3$$

$$\text{II категории – } 0.8 \leq \beta_i = \frac{1.1}{T_1} \leq 2.7$$

$$\text{III категории – } 0.8 \leq \beta_i = \frac{1.5}{T_1} \leq 2.7$$

η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы собственных колебаний зданий и определяемый по формуле:

$$\eta_{ik} = \frac{X_j(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)} \quad (1.7)$$

где $X_j(x_k)$ – и $X_j(x_j)$ – смещения здания при собственных колебаниях по i – тому тону в рассматриваемой точке k и во всех точках j , где в соответствии с расчетной схемой его вес принят сосредоточенным.

Расчетные значения усилий или напряжений от сейсмической нагрузки в конструкциях зданий определяется в предположении их статического действия:

$$Y = \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 \right)^{0.5} \quad (1.8)$$

При учете только первой формы собственных колебаний $Y=Y_1$.

При расчете зданий с симметричным расположением относительно его осей и жесткостей длиной 30м допускается не учитывать крутящий момент.

Статическая теория определения сейсмических сил, возникающих в сооружениях при землетрясении, были разработана японскими учеными XX века. В 1900г. японский ученый Ф. Омори, приняв за основу предположения об абсолютной недеформируемости и жесткой заделке в основании сооружения, горизонтальные поступательные перемещения, скорости и ускорения всех точек которого одинаковы и равны соответствующим характеристикам колебания основания, предложил оценивать сейсмические силы инерции по формуле [8]:

$$S_{\max} = m y_{0\max} \quad (1.9)$$

где m – масса сооружения;

$y_{0\max}$ – максимальное ускорение основания сооружения в грунте.

В формуле (1.9) опущен знак минус, показывающий, что инерционная сила направлена противоположно ускорению. При землетрясении ускорения могут быть направлены в разных направлениях, и поэтому расчетную проверку нужно делать на максимальные по абсолютной величине силы, предполагая их действующими в любом горизонтальном направлении.

Вес тела Q и его масса m связаны соотношением:

$$Q = mg \quad (1.10)$$

где $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Из выражений (1.9) и (1.10) следует:

$$S_{\max} = \frac{y_{0\max}}{g} Q = k_c Q \quad (1.11)$$

где $k_c = \frac{y_{0\max}}{g}$ – коэффициент сейсмичности.

Зная максимальные ускорения основания и вес сооружения, и, пользуясь формулой (1.11), легко подсчитать в нем при землетрясении максимальные инерционные силы, которые условились называть сейсмическими нагрузками.

Частоту собственных колебаний инженерных сооружений можно определить по эмпирической формуле [9]:

$$\omega = \frac{\sqrt{bgR}}{0.45Hz} \mu k \quad (1.12)$$

где H – высота здания или сооружения, м;

b – ширина здания или сооружения, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

R – расчетное сопротивление грунта основания, кг/м^2 ;

z – деформированность здания до землетрясения $z=1$, после $z=(-0,9)$;

μ – коэффициент динамической жесткости для различных конструктивных типов зданий и инженерных сооружений:

- высотные здания $\mu = 1$;
- здания 1-3 этажа $\mu = 1,2-1,5$;
- мосты $\mu = 1,8$;

k – коэффициент конструкции сооружения:

- высотные здания, $k = 1$;
- здания 1-3 этажа $k = 0,8 \div 0,9$;
- мосты: а) балочные $k = 1$; б) висячие $k = 0,5$; в) ферменные $k = 0,8$;

1.2.1. Аномальные формы сейсмических разрушений

Начнём с самого распространенного и типичного случая сейсмических разрушений, которые наиболее часто встречаются при всех сильных землетрясениях в последние десятилетия. Речь идет о сейсмическом срезе или сдвиге железобетонных колонн в каркасных зданиях и в зданиях с гибким первым этажом [2].

Из всей практике строительства и постулатов строительной механики известно, что типовой формой разрушения любых гибких стержневых элементов (к которым относятся и железобетонные колонны) является их излом от предельного изгиба. Это справедливо при обычных относительно малых скоростях деформирования строительных конструкций $\dot{\epsilon} < 1$ (которые типичны для сейсмических колебаний зданий). Поэтому в колоннах (в предельной стадии) должны возникать пластические шарниры и изломы возле их концов, т.е. в тех точках, где действует максимальный изгиб.

В случае горизонтальных сейсмических колебаний каркасных зданий возникают взаимные горизонтальные смещения жестких и массивных дисков перекрытий, в которых заземлены колонны каркаса. В этом случае максимальные изгибающие моменты возникают вблизи заземленных концов колонн, и поэтому там должны возникать изгибные пластиковые шарниры и трещины колонн в стадии разрушения зданий [10].

В зависимости от силы землетрясения наблюдаются несколько стадий сдвига колонн. При 7-ми балльных землетрясениях в зоне сдвига обычно возникают косые магистральные трещины, и происходит слабое разрыхление бетона возле них. При 8-ми балльных землетрясениях в зонах сдвига в окрестности магистральной трещины возникает интенсивное разрыхление и растрескивание бетона, которое иногда охватывает всю толщину колонны. При 9-ти балльных землетрясениях обычно происходит полное раздробление бетона в зонах сдвига и выпучивания продольной арматуры [11].

Когда колонны изготовлены из высокопрочного и пластичного бетона и имеют очень интенсивное поперечное армирование (в том числе и

винтовое), то макротрещины не возникают, а происходит чисто пластический сдвиг отдельного участка колонны за счет микро раздробления бетона

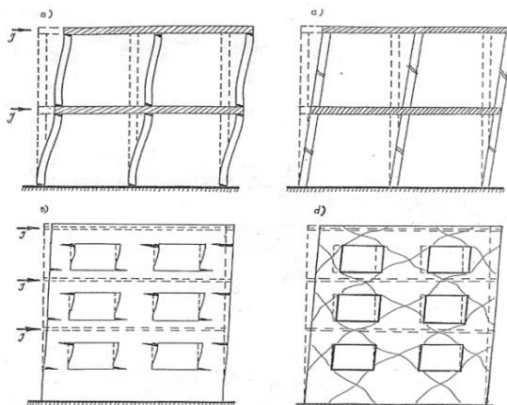


Рисунок 1.5 – Каркасное здание и стены с проемами: *a, б* ожидаемые схемы разрушений; *в, г* фактические схемы разрушений

В толстых железобетонных колоннах с относительно низкой вертикальной нагрузкой этот пластический сдвиг может охватить всю колонну целиком. Этот случай типичен для мощных железобетонных опор, несущих эстакады. При 9-ти балльных землетрясениях они пластически сдвигаются по всей высоте, принимая форму параллелограмма, и застывают в деформированном наклонном положении. Такие аномальные сдвиги опор в эстакадах часто возникали в городе Кобе в 1995 году и в Лос-Анджелесе в 1994 году. Именно их многие ошибочно принимают за изгибные разрушения из-за появления псевдо изломов в заделках возле концов опор. На самом деле изломы от изгиба там отсутствуют, ибо в заделках опор нет горизонтальных трещин, служащих главным атрибутом излома железобетонного элемента [3].

Теперь рассмотрим следующую группу типовых сейсмических разрушений. Речь идет об аномальных косых крестовых трещинах, которые появляются на отдельных участках наружных железобетонных или кирпичных стен с проемами (рисунке 1.5, *г*). Обычно эти «кресты» встречаются в трех вариантах: либо в простенках, либо в перемычках, либо в узлах их пересечения [10]. (На рисунке 1.5, *г* даны «кресты» в простенках и перемычках).

Покажем, что появление таких трещин в этих 3-х элементах стен невозможно при действии низкочастотных сейсмических колебаний грунта.

При колебаниях зданий происходит взаимное смещение жестких и массивных дисков перекрытий. Эти диски смещаются вместе с горизонтальными полосами стен, которые примыкают к ним. При этом происходит изгиб и сдвиг простенков (рисунок 1.5, *d*), расположенных между этими полосами. По расчетам, в узких простенках должно возникать изгибное разрушение (как на рисунок 1.5, *e*). Горизонтальные полосы стен между окнами имеют очень большую сдвиговую жесткость, и поэтому в них не возникает перекося и сдвиг [10].

Что же касается возникновения сдвиговых крестовых трещин в простенках, то здесь тоже есть некоторая аномалия, которая не укладывается в рамки «колебательной» модели. Дело в том, что сам факт появления крестовых трещин и угол их наклона должны зависеть от уровня интенсивности землетрясений, т.е. от величины горизонтальной сейсмической силы Q и ее соотношения с вертикальной силой P от собственного веса. В простенках при 7-ми, 8-ми, 9-ти балльных землетрясениях всегда возникают крестовые трещины примерно с одинаковым углом наклона, близким к 45° [6]. С ростом интенсивности землетрясения меняется, лишь величина раскрытия трещин растет степень раздробления бетона в их окрестности. Если учесть, что силы J создают в зоне простенков чистый сдвиг, на который наложено одноосное сжатие от сил P , то расчет показывает, что при $J < 0,4P$ (т.е. при 7-ми 8-ми балльных землетрясениях) косые трещины в простенках вообще не должны возникать, т.к. величины главных растягивающих напряжений по косым главным площадкам оказываются значительно меньше предела прочности бетона на растяжение. Но на практике эти трещины всегда возникают даже при слабых землетрясениях [3].

Следующим массовым типом сейсмического разрушения является расслоение кирпичной кладки в результате разрыва его швов.

Несоответствие с колебательной моделью в этом случае состоит в том, что расслоение кладки происходит даже в случае слабых 7-ми балльных землетрясений, когда растягивающие и сдвиговые напряжения в стенках должны быть на порядок ниже предельного сцепления швов согласно расчетам [2].

Разновидностью проявления этого концентрированного, узконаправленного типа разрушения является резкая неоднородность размещения сейсмических разрушений в эпицентральных зонах, когда вплотную к полностью разрушенным зданиям примыкают абсолютно невредимые здания.



Рисунок 1.6 – Сейсмических разрушений зданий в эпицентральных зонах, среди которых невредимые здания. (Япония 1995 г)

Аномальность этого явления еще дополняется, выражено избыточным характером разрушений, когда элементы отрезанного участка здания или разрушенной зоны оказываются «размолоченными», как в камнедробилке. Эти зоны превращаются в груды мелких обломков, как в г. Нефтегорске, в городе Кобе, в городе Спитаке и др. Невозможно представить себе, чтобы низкочастотные колебания зданий с относительно малыми ускорениями могли создать такой дробящий эффект [3].

Можно утверждать, что подобные аномальные разрушения в виде локальных вырезов с четкими границами по всей высоте разрезанного объекта вообще не имеют никакого отношения к сейсмическим колебаниям грунта. Они могут быть вызваны лишь неким весьма необычным воздействием, которое пока не известно официальной сейсмической науке.

2 Сейсмические датчики

Сейсмометрия является традиционной областью применения приборов инерционного действия, например виброметров и велосиметров, типа ССЗ-1М, применяющихся в системах диагностики и аварийной защиты сооружений различного назначения. Известными недостатками виброметров и велосиметров, определяющих качество систем на их основе, являются неудовлетворительная надежность, ограниченность частотного диапазона измерений, низкий уровень электромагнитной совместимости и невозможность контроля работоспособности всего измерительного тракта в процессе эксплуатации. Указанные недостатки устраняются в случае замены сейсмометров и велосиметров акселерометрами уравнивающего преобразования, позволившими решить противоречивую проблему одновременного повышения точности, чувствительности, значительного расширения полосы пропускания в области низких и высоких частот и обеспечения самых жестких требований к электромагнитной совместимости.

Сейсмические датчики предназначены для регистрации сейсмических воздействий на здание и сооружение и формирование дискретных аварийных сигналов о превышении установленного уровня сейсмоускорения, дискретного сигнала начала регистрации, дискретного сигнала об исправности датчика, отдельных аналоговых сигналов по каналам X, Y, Z; общего аналогового сигнала [12].

В настоящее время известны сейсмические датчики, предназначенные для работы в составе аппаратуры индустриальной антисейсмической защиты, в которых в качестве сейсмоприемников используются индукционные виброметры, обладающие высокой чувствительностью. Однако и эти сейсмические датчики обладают рядом существенных недостатков, к которым относятся ограниченный частотный диапазон измерений в области низких частот, невысокая точность, неудовлетворительная устойчивость к электромагнитным помехам.

Характерным режимом работы сейсмические датчики в составе системы безопасности является режим ожидания применения по назначению и значительное время непрерывной работы. При этом наличие информации о сохранении работоспособности датчика или оценке вероятности невыполнения функций требует обеспечения возможности автоматического периодического контроля на протяжении всего жизненного цикла без демонтажа и отключения датчика от системы защиты [12].

Требование высокой чувствительности сейсмические датчики обусловлено необходимостью получения сигнала в систему безопасности при уровнях сейсмозонных воздействий, составляющих доли от предельных значений ускорения, характеризующих проектное и максимальное расчетное землетрясение, способных привести к разрушению конструкций.

Для оценки основного показателя их надежности – вероятности выполнения функции на требование чрезвычайно важной является периодическая оценка готовности сейсмического датчика, а к выполнению задания в течение всего жизненного цикла без его демонтажа и отключения от системы аварийной защиты. Для ее реализации в указанных сейсмических датчиках предусмотрен периодический контроль и поверка всего измерительного тракта, включая и чувствительный элемент на основании прямых измерений электрического напряжения, функционально связанного с измеряемым сейсмоускорением [12].

Для дальнейшей работы рассмотрим такие сейсмические датчики как тензометрические датчики, оптоволоконные датчики, инклинометры и MEMS акселерометры.

2.1. Тензометрические датчики

Тензометрический датчик – датчик, преобразующий величину деформации в удобный для измерения сигнал (в электрический), основной компонент тензометра (прибора для измерения деформаций).

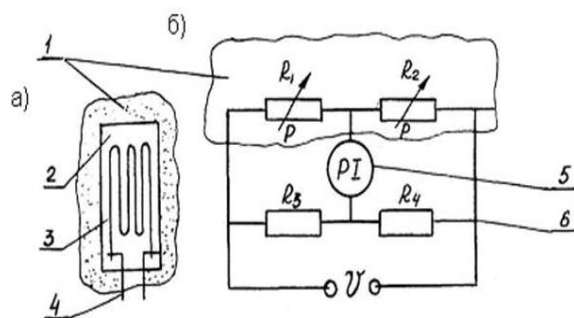


Рисунок 2.1 – Тензометрический датчик а) проволочный тензодатчик; б) схема включения тензодатчиков (R_1 , R_3 , R_2 , R_4): 1– Исследуемый элемент конструкции; 2 – Бумажная подложка; 3 – Петлеобразная тонкая проволока; 4 – Медные выводы; 5 – Электроизмерительный прибор; 6 – Измерительная цепь (мостовая схема): напряжение питания схемы, нагружаемый тензодатчик, ненагружаемый (компенсирующий) тензодатчик

В зависимости от конструкции грузоприёмной платформы, применяются тензодатчики различного типа: консольные; S-образные; шайбовые; бочковые.

Конструкция резистивного тензодатчика представляет собой упругий элемент, на котором зафиксирован тензорезистор. Под действием силы (веса груза) происходит деформация упругого элемента вместе с тензорезистором. В результате изменения сопротивления тензорезистора, можно судить о силе воздействия на датчик, а следовательно, и о весе груза [13].

Современные системы взвешивания компонентов базируются на тензодатчиках (или датчиках силы). Тензометрический датчик представляют собой металлическую конструкцию, внутри которой помещены резисторы с электрической схемой. Тензодатчик механически связан с корпусом весового дозатора. При изменении веса дозатора, корпус тензодатчика подвергается деформации, которая передается на тензорезисторы подключенные в цепь по мостовой схеме. Электрический сигнал с тензорезисторов передается на тензоизмеритель или тензомер, в роли которого, как правило, выступает весовой терминал.



Рисунок 2.2 – Цифровой тензодатчик

Работа тензодатчика основана на простых принципах механики, и если на механическую конструкцию действуют внешние силы, то она изменяет свою форму таким образом, чтобы противостоять воздействию этих сил. Такие изменения могут быть явными и значительными, как в случае например – прогиб железнодорожного моста при проезде по нему поезда. Если в данной металлической конструкции сделать небольшое отверстие, оно будет деформироваться в эллипс при деформации самой конструкции, прямо пропорционально приложенной к конструкции силе. Если в это отверстие вклеить пленочный тензорезистор, можно с большой точностью измерить эту деформацию или нагрузку. Таким образом, тензорезистор эффективно превращает всю конструкцию в датчик для измерения силы, нагрузки или положения [13].

В современных тензорезисторных датчиках используется двойной мост (мост Кельвина), что позволяет снизить ошибки нелинейности, повторяемости и гистерезиса. Определенная степень точности должна быть обеспечена при выборе места установки датчиков в конструкцию используемого измерительного устройства. Необходимо учитывать, что на точность полученной системы влияют количество датчиков, нагрузка на каждый датчик, материал самой конструкции.

Тензодатчики классифицируются не только по своей форме, но и по конструктивным особенностям. Конструкция прибора зависит от типа чувствительного элемента. Для контроля деформации используются следующие типы контактов [14]:

- Проволочные;
- Фольговые;
- Пленочные.

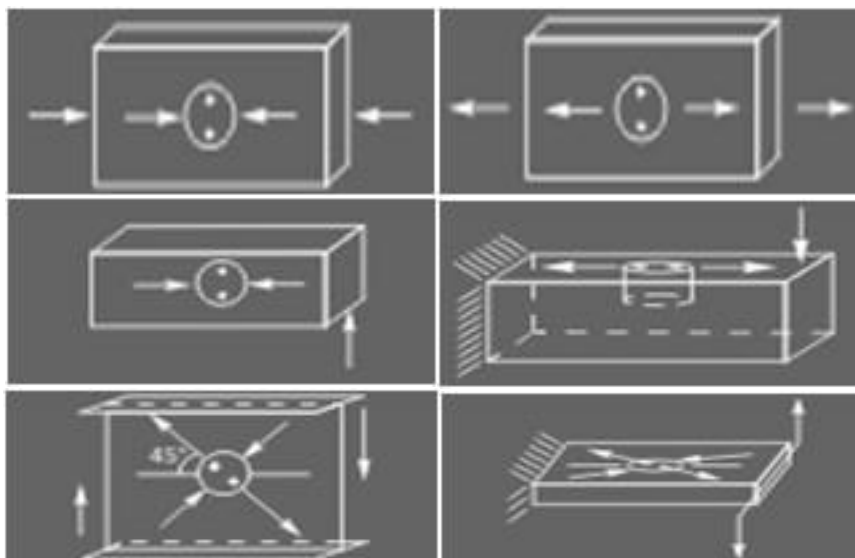


Рисунок 2.3 – Стрелками показаны линии приложения силы и направления деформации

Виды тензодатчиков:

- Приборы для измерения нагрузки и силы (динамометры);
- Измерители давления;
- Модели, фиксирующий ускорение;
- Устройства для контроля перемещения;
- Тензодатчики крутящего момента для автомобильных и станочных двигателей.

Технические характеристики тензодатчика для измерения нагрузки и силы приведена в таблице 2.1 [14].

Таблица 2.1 – Техническая характеристика тензодатчика

Параметры	Единицы измерения
Наибольший предел измерения (НПИ)	кг
Рабочий коэффициент передачи (РКП)	мВ/В
Начальный коэффициент передачи (НКП)	% от РКП
Комбинированная погрешность	% от РКП
Ползучесть (30 мин.)	% от РКП
Изменение НКП от температуры	% от РКП/°С
Изменение РКП от температуры	% от РКП/°С
Наибольшее напряжение питания постоянного тока	В
Сопротивление входное	Ом
Сопротивление выходное	Ом
Сопротивление изоляции	ГОм
Диапазон термокомпенсации	°С
Рабочий диапазон температур	°С
Диапазон температур хранения	°С
Допустимая перегрузка в течение не более 1 часа	% от НПИ
Разрушающая нагрузка	% от НПИ

2.2. Оптоволоконный датчик

Оптоволоконный датчик – небольшое по размерам устройство, в котором оптическое волокно используется как в качестве линии передачи данных, так и в качестве чувствительного элемента, способное детектировать изменения различных величин [15].

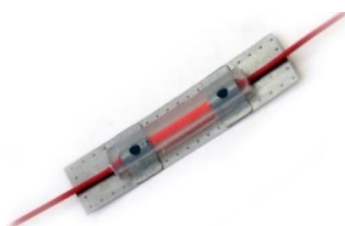


Рисунок 2.4 – Оптоволоконный датчик

Чувствительным элементом точечных волоконно-оптических датчиков являются волоконные Брэгговские решетки. Волоконная Брэгговская решетка представляет из себя селективирующее зеркало. Это значит, что если завести в оптоволокно излучение от широкополосного источника, то обратно отразится свет с очень узкой спектральной полосой с центром на длине волны Брэгга. Оставшийся свет продолжит идти в оптоволокне без каких-либо потерь. Длина волны Брэгга определяется периодом решетки и показателем преломления сердцевины [16].

Существуют точечные датчики различных величин: деформации; температуры; давления; вибрации; угла наклона; линейных перемещений.

Системы мониторинга, основанные на данной технологии, экономически эффективны при использовании на крупномасштабных объектах – там, где необходима установка сотен датчиков для продолжительных измерений различных физических параметров. Волоконные Брэгговские решетки также являются самым надёжным решением при работе с агрессивными средами, где датчики находятся в экстремальных условиях.

Технические характеристики оптоволоконного датчика приведена в таблице 2.2 [6].

Таблица 2.2 – Технические характеристики оптоволоконных датчиков

Технические характеристики	
Точность определения температуры (относительных деформаций)	$<1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($<10^{-4}$)
Диапазон рабочих температур датчиков	от -100 до $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$
Количество датчиков в системе	до 1000
Скорость снятия данных	$> 1\text{ Гц}$
Частота повторения импульсов	1-5 кГц (option: до 100 кГц)

Основные преимущества оптоволоконных датчиков [15]:

- взрыво и пожаробезопасность только оптоволокно, нет электричества (и искр соответственно) – все электрические компоненты вынесены на пульт управления;
- высокая точность и возможность наращивания системы (повышение точности, увеличение объема информации);
- удобство управления все сигналы в одном оптоволокне;
- дистанционность – сигналы выводятся по оптоволокну на пульт управления, расположенный в любом удаленном месте (до 10-20 км).

Недостатки:

- техническая сложность электронно-оптических компонентов;
- относительно высокая цена.

2.2.1. Волоконно-оптический датчик деформации

Волоконно-оптический датчик деформации (ВОДД) – предназначенных для определения параметров механической деформации твёрдых тел.

Принцип действия ВОДД на решётках Брэгга. У датчиков данного типа чувствительным элементом является само оптическое волокно с нанесёнными на него дифракционными решётками Брэгга. Проходящее через волоконно-оптический тракт излучение реагирует на решётку Брэгга как на своего рода зеркало, параметры отражения которого зависят от периода этой решётки. Деформация тела, жёстко связанного с волоконно-оптическим кабелем, приводит к локальным сжатиям/растяжениям кабеля, и, следовательно, к изменению периода брэгговских решёток (рисунок 2.5). Это влияет на их отражательные свойства, что может быть зафиксировано путём анализа отражённого от них излучения [16].

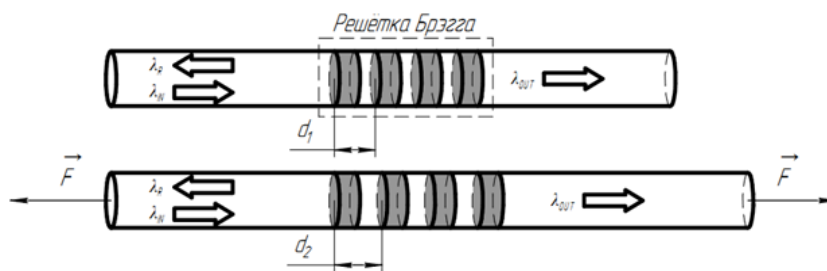


Рисунок 2.5 – Схема воздействия деформации растяжения на оптическое волокно

Растяжение меняет период брэгговской решётки, что приводит к изменению отражательных свойств и изменению спектральных составов проходящего и отражённого излучения.

Принцип действия ВОДД на интерферометре Фабри-Перро. В основу функционирования данного типа ВОДД положен интерферометр Фабри-Перро, обычно реализуемый по схеме, указанной на рисунке 2.6. Один торец волокна полупрозрачен и пропускает некоторую часть излучения. Дальний торец полностью отражает излучение. Свет, отражённый от двух поверхностей попадает на приёмник и интерферирует. Изменение длины интерферометра под действием внешних сил приводит к изменению интерференционной картины на приёмнике излучения, поскольку меняется фазовая задержка между лучами, отражающимися от двух разнесённых плоскостей. Анализ интерференционной картины позволяет с большой точностью определить величину малейших изменений длины участка волокна [16].



Рисунок 2.6 – Схема ВОДД на основе интерферометра Фабри-Перро

Система мониторинга конструкций предполагает установку различных датчиков на элементах конструкций зданий и сооружений с целью определения влияния физического (влажность, температура) и силового

(статическая и динамические нагрузки) воздействия на их прочность и деформацию. Первые системы были созданы для наблюдения за конструкциями при землетрясении. Это традиционное их применение способствовало более глубокому пониманию природы землетрясений, их влияния на конструкции, что в итоге привело к разработке более надежных проектов сооружений в зонах с высокой сейсмической активностью.

2.3. Инклинометр

Инклинометр – прибор, предназначенный для измерения угла наклона различных объектов относительно гравитационного поля Земли. Помимо собственно величины угла наклона, может измеряться его направление – азимут [7].



Рисунок 2.7 – Беспроводной инклинометр

По методам измерений две основные группы:

– устройства непосредственного измерения с датчиками гравитационного поля Земли, геомагнитного поля, гироскопического эффекта и телезондирования;

– устройство косвенного измерения, применяющие методы ориентирования с поверхности, метод последовательных ходов, а также данные сеймики, радиолокации, магнитометрического метода и другие источники.

Различают три основные группы датчиков наклона, это одноосевые (ось X), двухосевые (оси X и Y) и трёхосевые (оси X, Y и Z).

На объекте, находящемся в статическом состоянии, инклинометр измеряет угловые характеристики его пространственного расположения.

Однако на движущемся, подверженном действию вибрации, ускоряющемся объекте, показания датчика зависят также от ускорений. Поэтому в ряде случаев инклинометр входит в состав комплексных систем измерения, содержащих акселерометры и устройства обработки информации с датчиков [17].

Используются механические, фоторегистрационные, электрометрические и химические способы регистрации. Регистрация может проводиться как в инклинометре непосредственно, так и дистанционно [17].

Основные три чувствительных элемента прибора: рамка; отвес и буссоль.

В верхней части рамки расположен коллектор и щётки, служащие для подключения реохорда углов или реохорда азимутов. Сопротивление реохорда угла пропорционально углу отклонения скважины от вертикали, а реохорда азимутов — пропорционально азимуту.

Область применения инклинометров [17]:

- в горном деле инклинометром определяют угол и азимут искривления буровой скважины, тем самым контролируя её пространственное положение;
- в подъёмных кранах инклинометры применяются для контроля рабочего и остаточного прогибов стрелы, а также для контроля угла наклона крана в целом. Косвенно, по показаниям нескольких инклинометров, может измеряться нагрузка на стрелу;
- контроль безопасных углов наклона автокранов и землеройных машин;
- контроль состояния опор мостов, трубопроводов;
- слежение за состоянием архитектурных сооружений;
- непосредственное измерение углов наклона транспортных магистралей с движущегося транспортного средства.

Таблица 2.3 – Технические характеристики инклинометра

Характеристики	Единицы измерения
Диапазон измерения угловых перемещений	углов. град.
Приведенная погрешность измерения в нормальных климатических условиях (15...25°C)	%
Приведенная погрешность измерения в диапазоне температур -50...+50°C,	%
Частотный диапазон датчика	Гц
Рабочий диапазон температур	°C
Напряжение питания	В
Потребляемый ток	мА, не более
Гальваническая изоляция	В
Скорость передачи данных по интерфейсу RS-485	бод.
Максимальное удаление датчика от регистратора (зависит от напряжения питания и скорости передачи)	м
Наработка на отказ	час

2.4. MEMS акселерометр

Акселерометр – это электромеханическое устройство, которое измеряет силы ускорения. Эти силы могут быть статичными, как постоянная сила тяжести, или могут быть динамическими, вызванными перемещением или вибрацией акселерометра. Подавляющее большинство основано на пьезоэлектрических кристаллах, но они слишком большие и неуклюжие, пытались разработать нечто меньшее, что могло бы повысить применимость и начать поиск в области микроэлектроники. Были разработаны MEMS акселерометры (микроэлектромеханические системы).

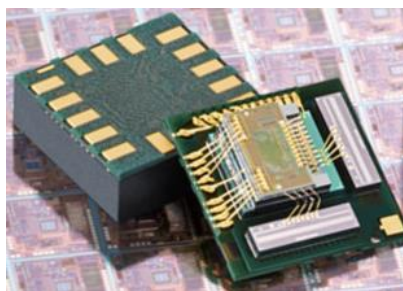


Рисунок 2.8 – MEMS акселерометр

Первый микро-механический акселерометр был разработан в 1979 году в Стэнфордском университете, но потребовалось более 15 лет, прежде чем такие устройства стали общепринятыми продуктами для применения в больших объемах. В 1990-х годах акселерометры MEMS произвели революцию в отрасли автомобильной авиационной промышленности. С тех пор они включили уникальные функции и приложения, начиная от защиты жесткого диска на ноутбуках и заканчивая игровыми контроллерами. Совсем недавно одна и та же сенсорная технология стала доступна в полностью интегрированных полнофункциональных устройствах, подходящих для промышленного применения [18].

Микро-механические акселерометры являются очень высокоэффективной технологией, они обеспечивают более низкую мощность, компактность и надежное восприятие. Несколько датчиков часто объединяются для обеспечения много осевых датчиков и более точных данных [18].

Области применений MEMS ранжированы от самых массовых рынков – автомобильного и потребительского до рынков сложных приборов специального назначения, производимых небольшими партиями: медицинских приборов, военной и аэрокосмической техники, промышленных автоматизированных систем управления – например, контрольно-измерительной аппаратуры для мониторинга метеоусловий..

Акселерометр измеряет ускорение или, согласно второму закону Ньютона, силу, вызывающую ускорение инерционной массы

Среди подобных датчиков выделяются следующие, классифицируемые согласно измерительному или физическому принципу, категории акселерометров:

- пьезоэлектрические;
- пьезорезистивные;
- ёмкостные.

Выбор акселерометра, прежде всего, обусловлен применением, где приоритетными являются определение того из параметров, который будет детектироваться (ускорение, движение, вибрация), детектируемый диапазон основного измеряемого параметра, статические или динамические условия.

Принцип действия ёмкостного акселерометра. В рассматриваемом типе трехосевых акселерометров принцип определения ускорения достаточно прост и надежен: инерционная масса дает людям возможность ощущать ускорение за счет перемещения в соответствии со вторым Законом Ньютона. Основные элементы акселерометра – тело, пружина и инерционная масса (ИМ). Когда скорость тела сенсора изменяется, ИМ через пружину так же побуждается последовать этим изменениям. Сила, воздействующая на ИМ, является причиной изменения ее движения, поэтому пружина изгибается, и расстояние между телом и ИМ изменяется пропорционально ускорению тела [19].

Рабочие принципы сенсоров различаются в зависимости от того, по какому принципу определяется движение между телом и ИМ. В ёмкостном сенсоре тело и ИМ изолированы друг от друга и их ёмкость или ёмкостной заряд измеряются. Когда дистанция между ними уменьшается, ёмкость увеличивается и электрический ток идет по направлению к сенсору. В случае, когда расстояние увеличивается, наблюдается обратная ситуация: сенсор преобразует ускорение тела в электрический ток, заряд или напряжение.

Превосходные характеристики рассматриваемых датчиков основаны на технологии ёмкостного измерения и хорошо подходят для определения

малых изменений в движении. Чувствительный элемент для определения ускорения сделан из монокристалльного кремния и стекла. Это обеспечивает сенсору исключительную надежность, высокую точность и устойчивость показаний по отношению к воздействию времени и температуры. Как правило, чувствительный элемент датчика с диапазоном измерений $\pm 1g$ выдерживает как минимум 50000g ускорений ($1g$ = ускорение, вызванное силой тяжести Земли). Датчик измеряет ускорение, как в положительном, так и в отрицательном направлении, и чувствителен к статическому ускорению и вибрации. «Сердцем» акселерометра является симметричный чувствительный элемент (ЧЭ), изготовленный по технологиям объемной микромеханики, у которого есть два чувствительных конденсатора. Симметрия ЧЭ уменьшает зависимость от температуры и чувствительности по оси и улучшает линейность. Герметичность датчика обеспечивается за счет анодного соединения пластин друг с другом. Это облегчает корпусирование элементов, повышает надежность и позволяет использовать газовое затухание в сенсорном элементе [19].

Список актуальных применений акселерометров включает:

- детектирование движения – измерение ускорения, вычисления скорости и перемещения методом интегрирования;
- измерение вибрации (различают высокочастотную и низкочастотную вибрацию);
- измерение ударов;
- измерение наклона или гравитации (инклинометры);

Технология MEMS представляет собой разновидность технологии MEMS, позволяющую совмещать на одном кристалле микроэлектромеханические устройства с традиционными электронными элементами интегральных схем. Механическая часть MEMS акселерометра, изображенная на рисунке 2.9 включает поликремниевую пластинку (1), механически соединенную с подложкой при помощи упругих элементов подвеса, удерживаемых «якорями», способную перемещаться в направлении

одной степени свободы под действием ускорения. По краям пластинки вытравлены балки (2), закрепленные на подложке и образующие дифференциальную систему большого числа ячеек парных емкостей. Перемещение подвижной пластинки относительно этих неподвижных балок позволяет регистрировать ускорение. В отсутствии ускорения емкости в ячейке почти одинаковы, если же ускорение отлично от нуля – пластина смещается, и баланс емкостей нарушается. [20]

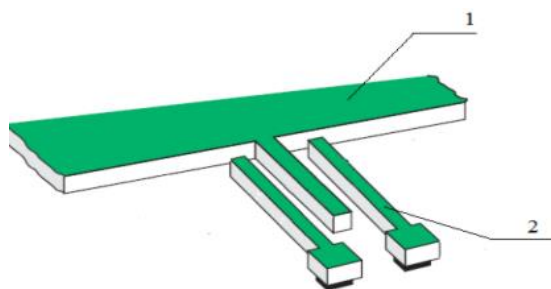


Рисунок 2.9 – Механическая часть датчика MEMS акселерометра:

1 – поликремневая пластина; 2 – вытравленные балки

Рассмотрев различные акселерометры, можно прийти к выводу о том, что наиболее подходящим вариантом датчика является акселерометр, выполненный по MEMS – технологии. Выбор такого датчика обоснован его низкими массогабаритными характеристиками, низким энергопотреблением, низкой стоимостью и высоким быстродействием.

Вывод

В разделе «Сейсмические датчики» были рассмотрены сейсмические датчики как тензометрические датчики, оптоволоконные датчики, инклинометры и MEMS акселерометры. Были описаны их принцип работы, область применения и технические характеристики.

4. Экспериментальные исследования

4.1 Проведение эксперимента на столе

Эксперимент проводили на столе, показан на рисунке 4.1. Как видно, что датчик акселерометр LIS331DLH закреплен горизонтально на поверхности стола.

Параметры стола: ширина – 60 мм; длина – 110 мм; высота – 70 мм.

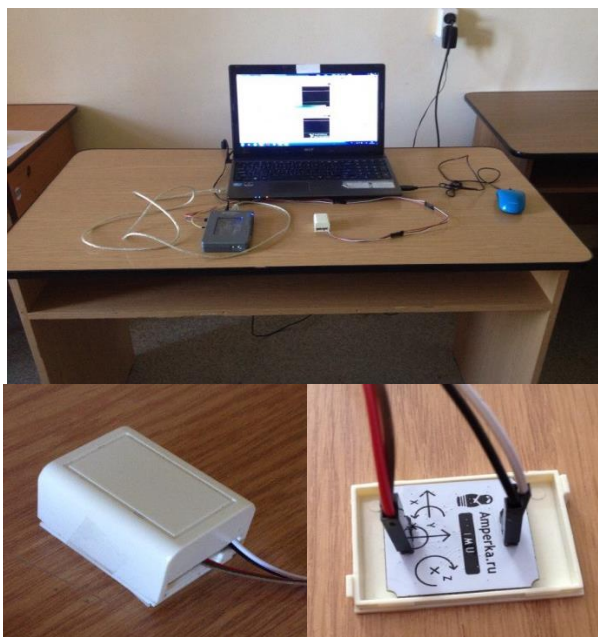


Рисунок 4.1 – Акселерометр закреплен на поверхности стола

Из рисунка 4.2 видно, что акселерометр находится нулем состоянии и ускорение не фиксируется.

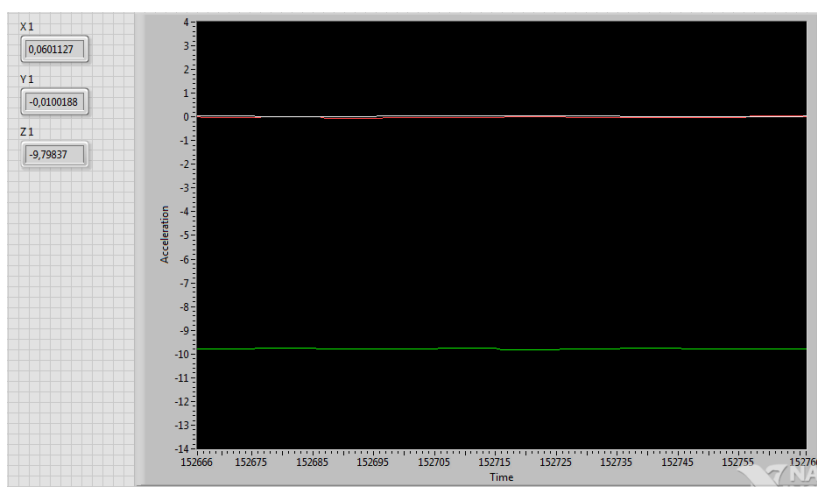


Рисунок 4.2 – Акселерометр нулем состояние: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Для того чтоб проверить акселерометр, провели эксперимент под действием условными силами ударов на стол. Полученные результаты показаны ниже на рисунках: 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7 и 4.8.

I эксперимент. Из рисунка 4.3 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,22 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,63 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,65 \text{ м/с}^2$.

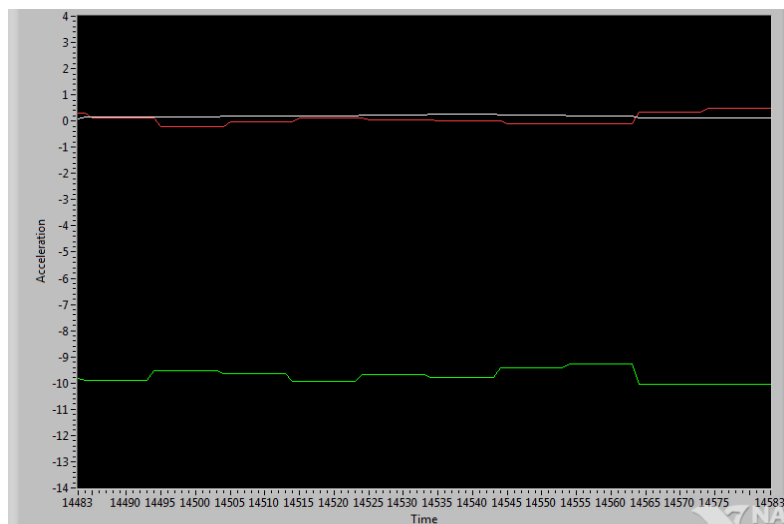


Рисунок 4.3 – Результаты ускорения I эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

II эксперимент. Из рисунка 4.4 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,3 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,21 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 2,66 \text{ м/с}^2$.

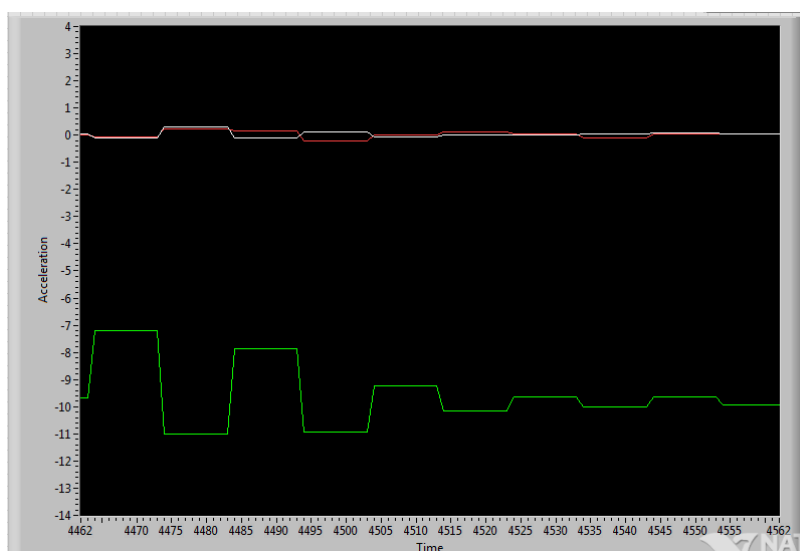


Рисунок 4.4 – Результаты ускорения II эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

III эксперимент. Из рисунка 4.5 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,16 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,2 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 3,2 \text{ м/с}^2$.

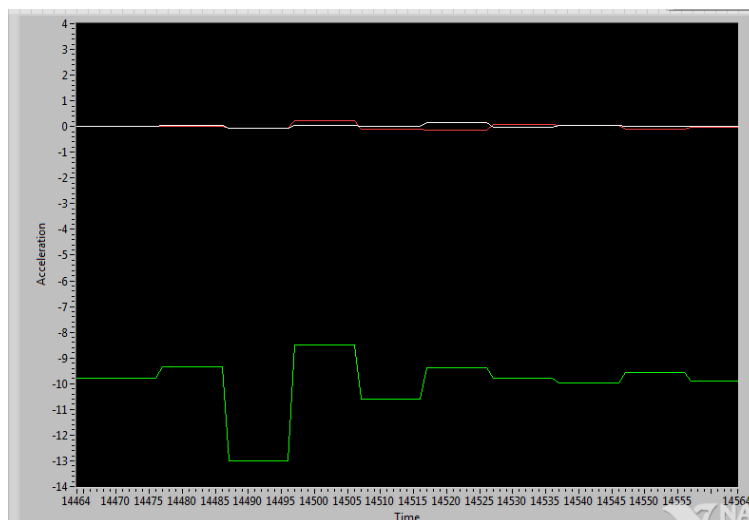


Рисунок 4.5 – Результаты ускорения III эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

IV эксперимент. Из рисунка 4.6 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,14 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,18 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 4,7 \text{ м/с}^2$.

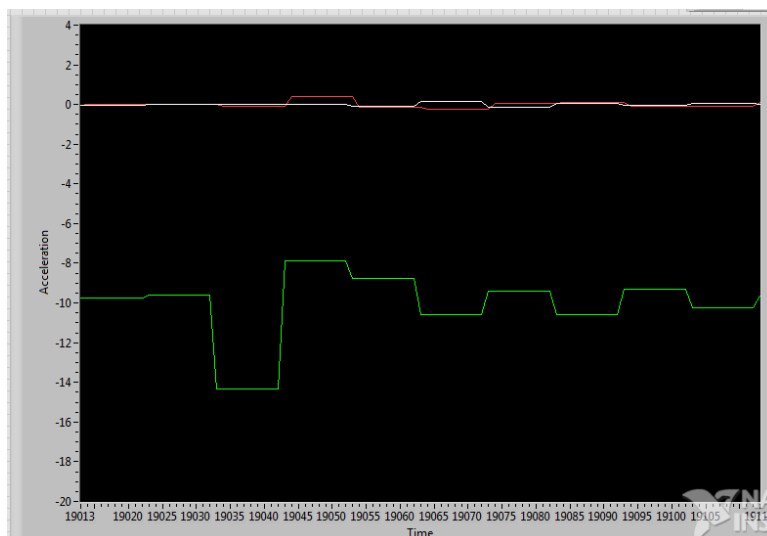


Рисунок 4.6 – Результаты ускорение IV эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

V эксперимент. Из рисунка 4.7 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,82 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,2 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,31 \text{ м/с}^2$.

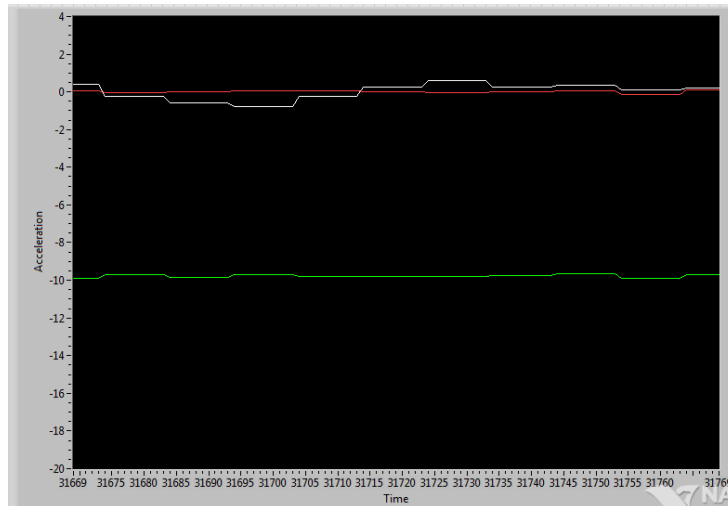


Рисунок 4.7 – Результаты ускорения V эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

VI эксперимент. Из рисунка 4.8 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,28 м/с²; по оси Y = 0,78 м/с² и по оси Z = 0,45 м/с².

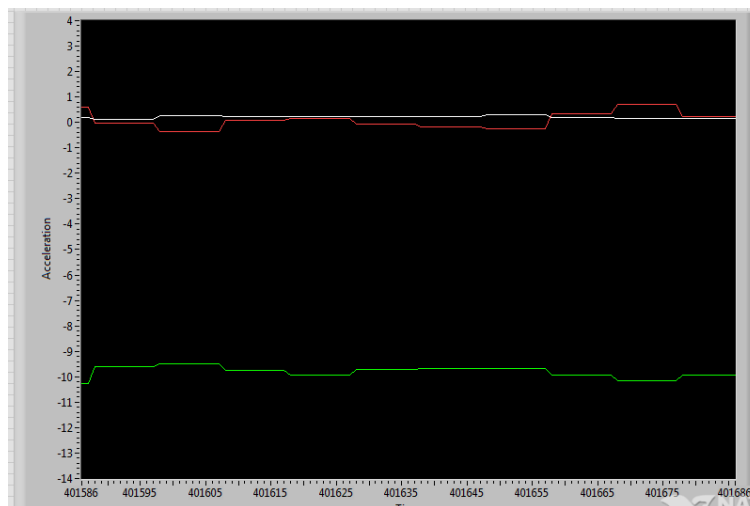


Рисунок 4.8 – Результаты ускорения VI эксперимента: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Средняя значения ускорения результатов эксперимента проведенный на столе составляют:

$$X_{cp} = \frac{0,22м/с^2 + 0,2м/с^2 + 0,16м/с^2 + 0,14м/с^2 + 0,82м/с^2 + 0,28м/с^2}{6} = 0,3м/с^2 \quad (4.1)$$

$$Y_{cp} = \frac{0,63м/с^2 + 0,21м/с^2 + 0,2м/с^2 + 0,18м/с^2 + 0,2м/с^2 + 0,78м/с^2}{6} = 0,36м/с^2 \quad (4.2)$$

$$Z_{cp} = \frac{0,65м/с^2 + 2,66м/с^2 + 3,2м/с^2 + 4,7м/с^2 + 0,31м/с^2 + 0,45м/с^2}{6} = 2,0м/с^2 \quad (4.3)$$

4.2 Измерение ускорение здания от проходящих трамваев

С практической точки зрения наиболее значимы динамические нагрузки от движущегося транспорта в связи с их высокой интенсивностью и широким распространением, особенно на городских территориях и вблизи крупных магистралей с почти непрерывным транспортным потоком. При этом ведущая роль принадлежит рельсовому (наземному и подземному) транспорту железнодорожным составам, трамваю и метрополитену, что обусловлено, в первую очередь, существенно меньшим демпфированием колебаний при передаче их грунту от стального колеса через жесткую систему "рельс-шпала". Определенную роль играет также вес источника и присутствие ударных импульсов в спектре воздействия за счет ударов колеса об рельсы на стыках [27].

В относительно узких пределах изменяются лишь преобладающие частоты воздействия (таблица 4.1). Частота же, на которой наблюдаются максимальные амплитуды колебаний, в значительной мере зависит от свойств грунта. Для сравнения интенсивность колебаний грунтов вблизи железнодорожных путей может соответствовать 6, 7 балльному землетрясению. Кроме того, разные типы рельсового транспорта имеют и разное распространение, что тоже влияет на их значимости как источников динамических нагрузок [27].

Таблица 4.1 – Характеристика транспортных источников динамических нагрузок

Источник	Доминирующие частоты, Гц	Виброскорость частиц грунта, м/с	Виброускорение частиц грунта, м/с²	Зона влияния, м
Железная дорога	10-70	16-50	1-22	150-300
Трамвайная линия	20-45	1,6-160	0,5-45,2	150-300
Автомагистраль	10-20	0,005-0,07	0,0003-0,011	40-100

Новые здания всё чаще строятся на участках, подвергающихся воздействию вибраций. Вибрации в здании могут быть причиной возникновения колебаний недопустимо высокого уровня или вследствие отражения от примыкающих элементов конструкций (например, полов и потолков) приводить к повышению уровня воздушного шума. Источником вибраций служит транспорт, особенно рельсовый внеуличный. Значительные вибрации возникают при движении поездов метро и трамвая, особенно при проходе ими рельсовых стыков, крестовин и стрелок. Вибрационные воздействия оказывают в радиусе **50-70 м** от путей.

Критерии неблагоприятного внешнего воздействия устанавливаются Государственными стандартами (ГОСТ Р 52892-2007 и ГОСТ 12.1.012-90) и Санитарными нормами (СН 2.2.4/2.1.8.566-96), которые для случая вибраций регламентируют предельно-допустимые уровни колебаний ограждающих конструкций помещений жилых, административно-общественных зданий и рабочих мест.

По ГОСТ Р 52892-2007, диапазон частот вибрации в разных точках здания зависит от источника возбуждения, свойств грунта, через который воздействие передается на конструкцию, и передаточных характеристик конструкции. При некоторых сочетаниях указанных факторов (например, при взрывах твердой породы, проводимых на небольшом расстоянии от здания, или при работе высокоскоростных машин) верхняя граница диапазона частот может достигать 1000 Гц. Однако в большинстве случаев при оценке риска повреждения конструкции здания вследствие воздействия на него вибрации техногенной природы достаточно проводить анализ в диапазоне частот от 1 до 150 Гц. Уровни вибрации могут колебаться от единиц до нескольких сотен миллиметров в секунду в зависимости от частоты возбуждения [28].

Характеристики вибрации, измеряемой на конструкции здания, для разных источников возбуждения приведены в таблице 4.2 [28].

Таблица 4.2 – Типичный диапазон параметров вибрации зданий для некоторых источников возбуждения

Источник возбуждения	Диапазон частот, Гц	Диапазон перемещений, мкм	Диапазон скоростей, мм/с	Диапазон ускорений м/с^2	Длительность
Движение дорожного (рельсового) транспорта	1 - 80	1 - 200	0,2 - 50	0,02 - 1	Д/К
Взрывы	1 - 300	100 - 2500	0,2 - 500	0,02 - 50	К
Забивка свай	1 - 100	10 - 50	0,2 - 50	0,02 - 2	К
Работа машин вне здания	1 - 300	10 - 1000	0,2 - 50	0,02 - 1	Д/К

Д – долговременный процесс; К – кратковременный процесс.

Объектом проведения эксперимента является 5-этажное здание общежития №1 Томского Политехнического Университета, которое построено в 1952 году, размер здания $90 \times 14 \text{ м}$ (рисунки 4.9 и 4.10).



Рисунок 4.9 – 5-этажное здание общежития №1 ТПУ

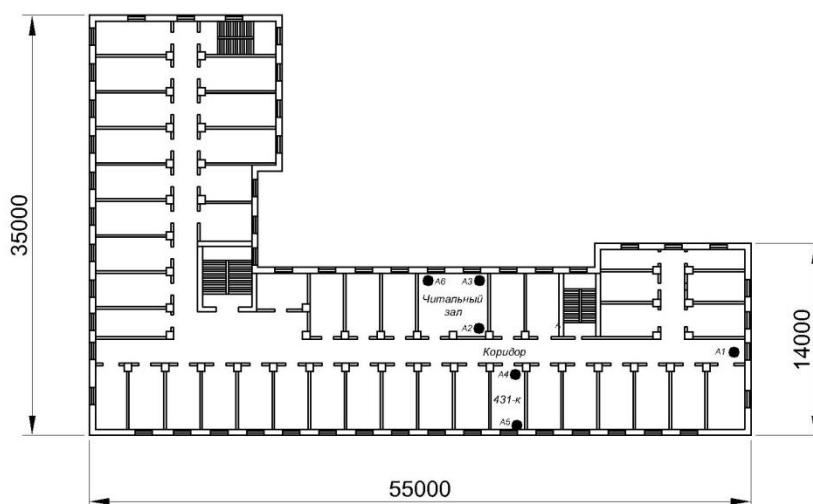


Рисунок 4.10 – План II, III, IV, V этажей общежития №1 ТПУ

Линия трамвая удалена от здания на 55 метра (рисунок 4.13). Измерения ускорение проводились с помощью акселерометров LIS331DLH (рисунок 4.12), которые расположены в комнатах здания:

- на полу II-этажа в коридоре – точка **A1**;
- на полу III-этажа в читальном зале – точка **A2**;
- на полу IV-этажа в читальном зале – точка **A3**;
- на полу и на стене IV-этажа в комнате 431– точки **A4** и **A5**;
- на полу V-этажа в читальном зале – точка **A6**.

Пол во всех помещениях – железобетонное перекрытие между этажами, линолеум, ламинат. Внешние несущие и межкомнатные стены – кирпичные.

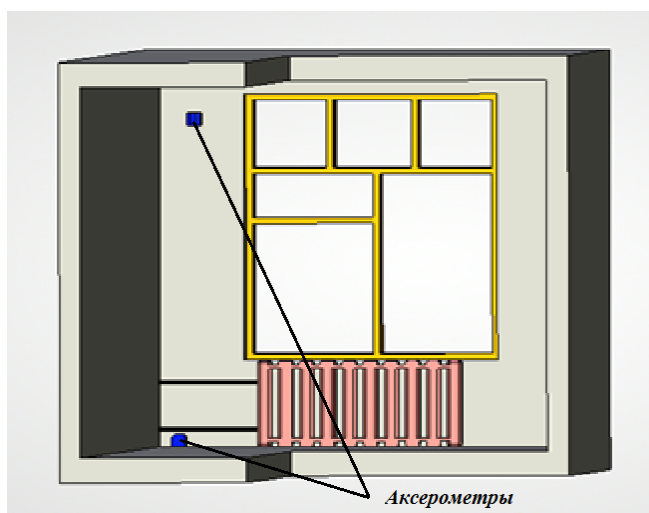


Рисунок 4.12 – Расположение акселерометров в комнате

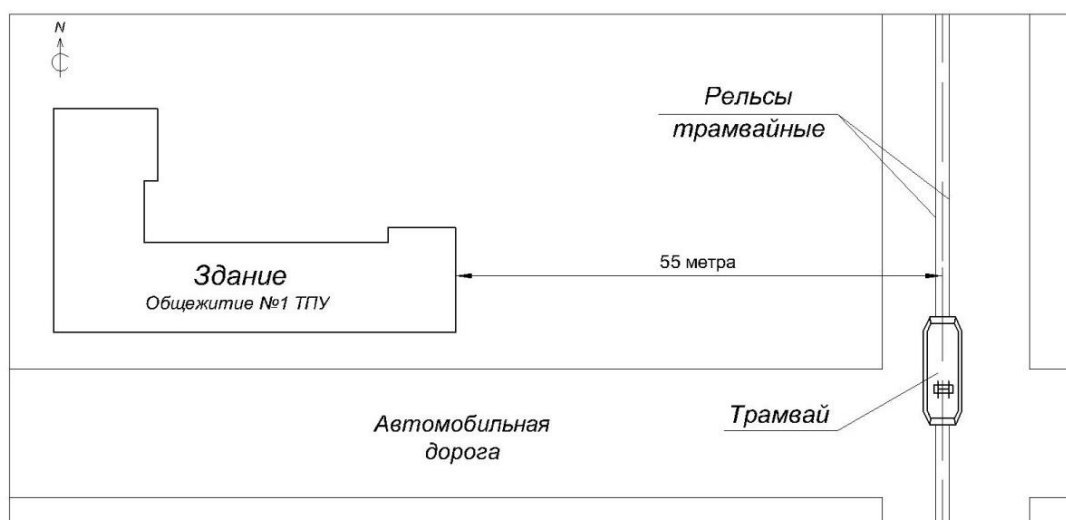


Рисунок 4.13 – Схема здания и трамвайной линии



Рисунок 4.14 – Трамвай и трамвайная линия

4.2.1 Результаты измерения в точках

Измерения ускорения проводилось на полу **II-этажа** в коридоре здания в точке **A1** (рисунки 4.15 и 4.16).



Рисунок 4.15 – Акселерометр на полу коридора II этажа

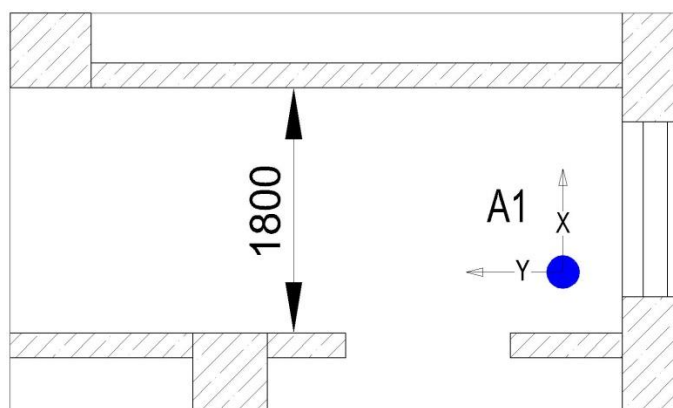


Рисунок 4.16 – Точка расположения акселерометра на полу коридора
II этажа: A1

Результаты измерения ускорения в точке **A1** приведены на рисунках: 4.17; 4.18 и 4.19.

1-й трамвай. Видно, что из рисунка 4.17 максимальное колебание ускорения составляют: по оси $X = 0,1 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,08 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,35 \text{ м/с}^2$.

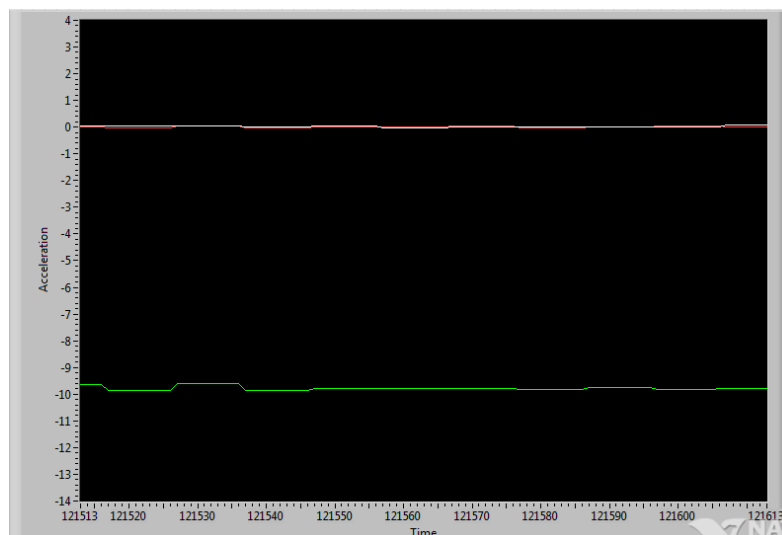


Рисунок 4.17 – Результаты ускорения в точке A1: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленая линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.18 максимальное колебание ускорения составляют: по оси $X = 0,04 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,17 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,34 \text{ м/с}^2$.

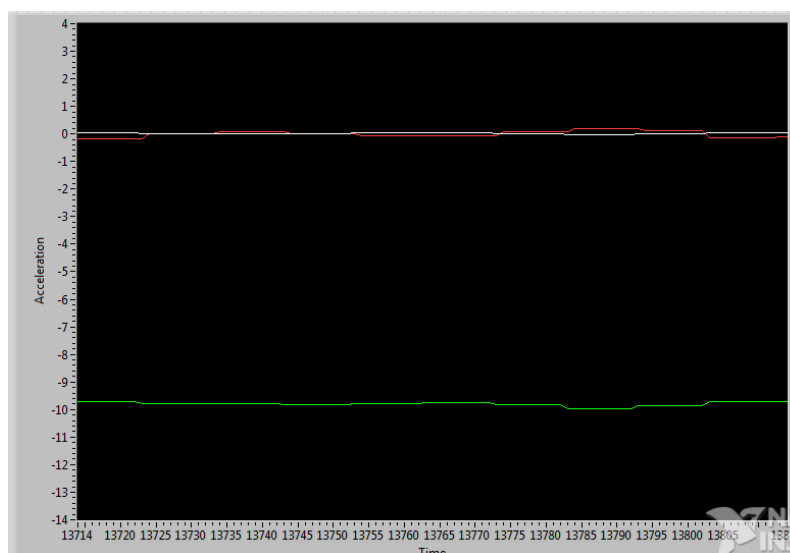


Рисунок 4.18 – Результаты ускорения в точке A1: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленая линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.19 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,02 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,03 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,25 \text{ м/с}^2$.

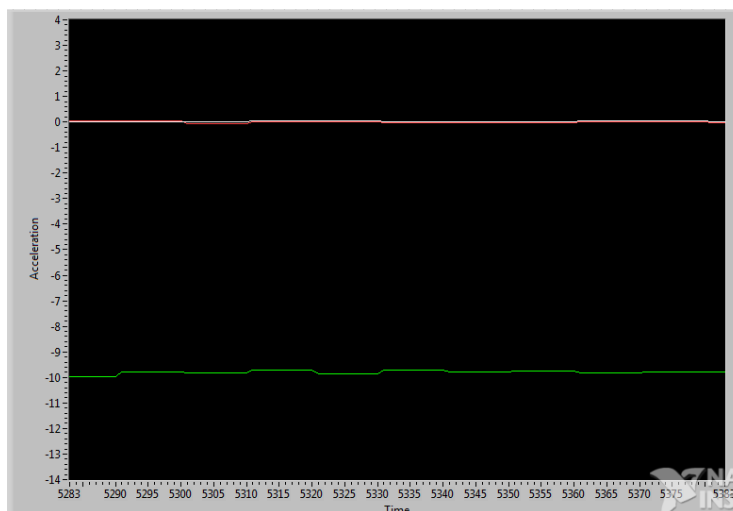


Рисунок 4.19 – Результаты ускорения в точке А1: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Определим средня значения ускорения в точке А1:

$$X_{cp} = \frac{0.1 \text{ м/с}^2 + 0.04 \text{ м/с}^2 + 0.02 \text{ м/с}^2}{3} = 0,05 \text{ м/с}^2 \quad (4.4)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.08 \text{ м/с}^2 + 0.17 \text{ м/с}^2 + 0.03 \text{ м/с}^2}{3} = 0,1 \text{ м/с}^2 \quad (4.5)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.35 \text{ м/с}^2 + 0.34 \text{ м/с}^2 + 0.25 \text{ м/с}^2}{3} = 0,31 \text{ м/с}^2 \quad (4.6)$$

Следующая измерения ускорения проводилось на полу **III-этажа** в читальном зале здания в точке А2 (рисунки 4.20 и 4.21).



Рисунок 4.20 – Акселерометр на полу читального зала III этажа

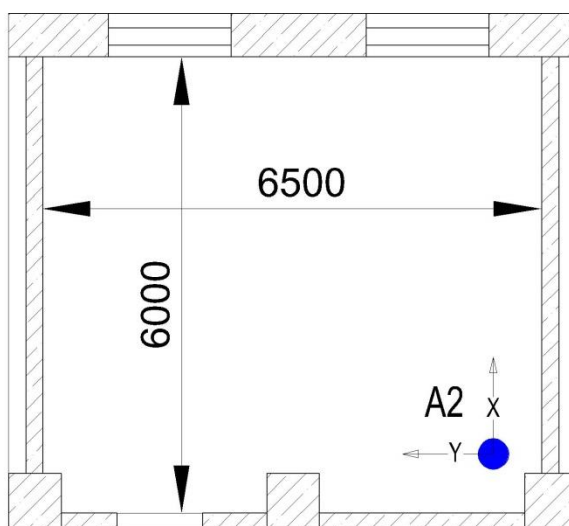


Рисунок 4.21 – Точка расположения акселерометра на полу читального зала III этажа: A2

Результаты измерения ускорения в точке **A2** приведены на рисунках: 4.22; 4.23 и 4.24.

1-й трамвай. Видим, что из рисунка 4.22 максимальное колебание ускорения составляют: по оси $X = 0,07 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,1 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,8 \text{ м/с}^2$.

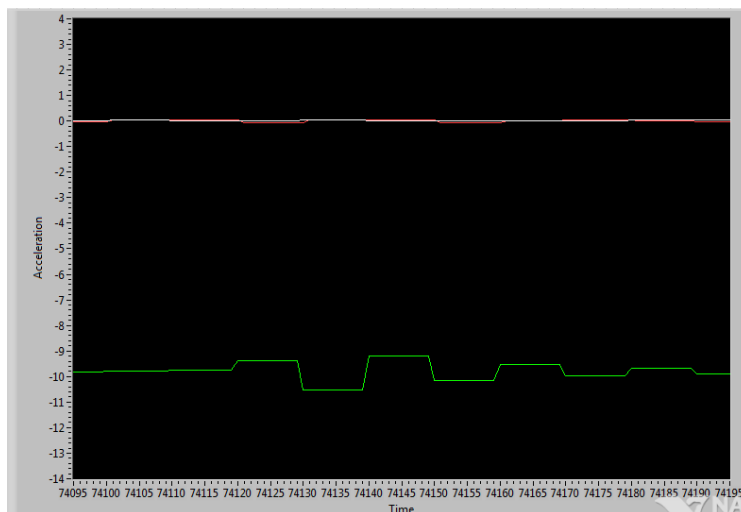


Рисунок 4.22 – Результаты ускорения в точке A2: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.23 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,2 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,2 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,32 \text{ м/с}^2$.

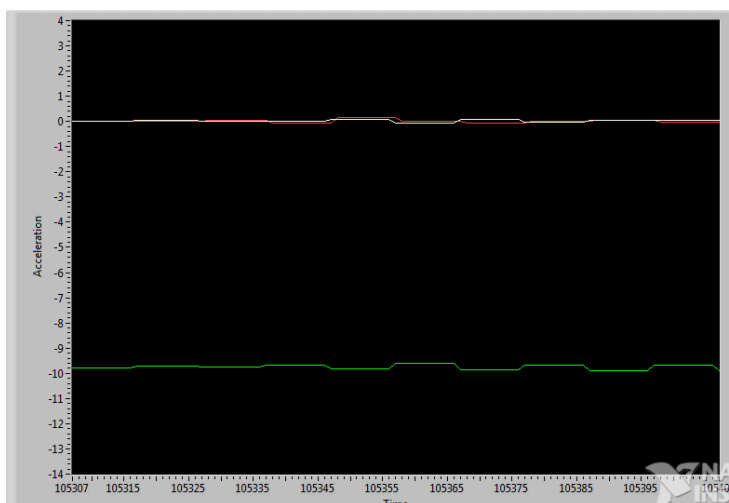


Рисунок 4.23 – Результаты ускорения в точке А2: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.24 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,1 м/с²; по оси Y = 0,1 м/с² и по оси Z = 0,45 м/с².

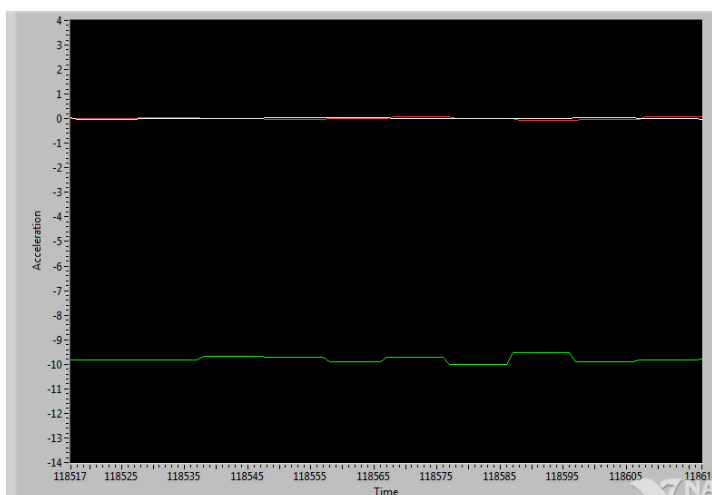


Рисунок 4.24 – Результаты ускорения в точке А2: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Определим средня значения ускорения в точке А2:

$$X_{cp} = \frac{0.07 м / с^2 + 0.2 м / с^2 + 0.1 м / с^2}{3} = 0,12 м / с^2 \quad (4.7)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.1 м / с^2 + 0.2 м / с^2 + 0.1 м / с^2}{3} = 0,13 м / с^2 \quad (4.8)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.8 м / с^2 + 0.32 м / с^2 + 0.45 м / с^2}{3} = 0,52 м / с^2 \quad (4.9)$$

Далее, измерения ускорения проводилось на полу IV-этажа в читальном зале здания в точке А3 (рисунки 4.25 и 4.26).

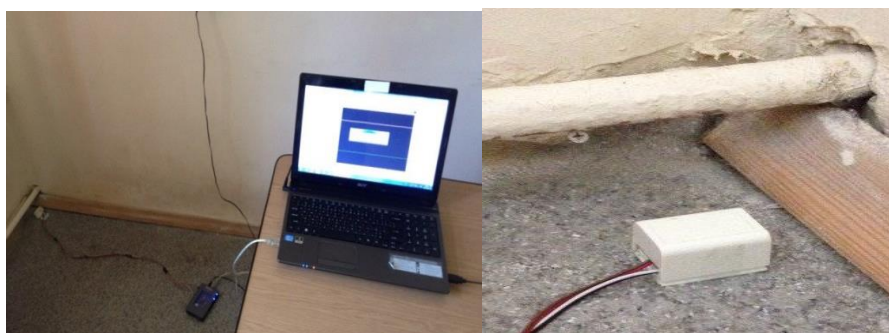


Рисунок 4.25 – Акселерометр на полу читального зала IV этажа

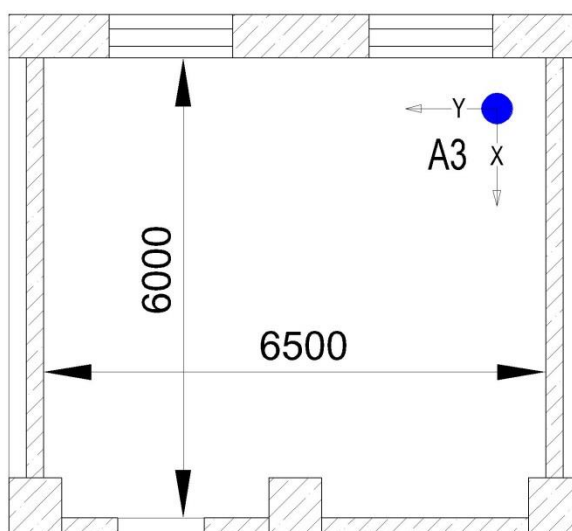


Рисунок 4.26 – Точка расположения акселерометра на полу читального зала IV этажа: А3

Результаты измерения ускорения в точке **A3** приведены на рисунках: 4.27; 4.28 и 4.29.

1-й трамвай. Видим, что из рисунка 4.27 максимальное колебание ускорения составляют: по оси $X = 0,28 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,26 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,4 \text{ м/с}^2$.

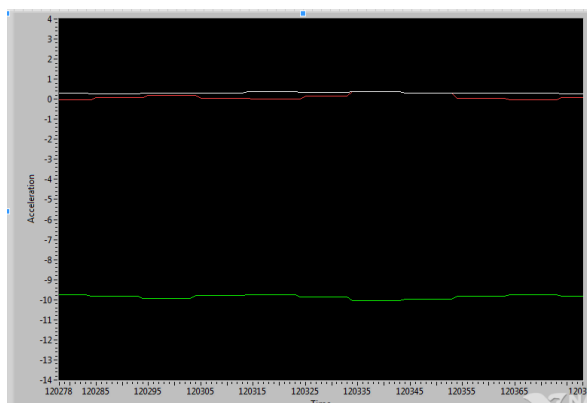


Рисунок 4.27 – Результаты ускорения в точке А3: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.28 максимальное колебание ускорение составляют: по X = 0,16 м/с²; по Y = 0,25 м/с² и по Z = 0,43 м/с².

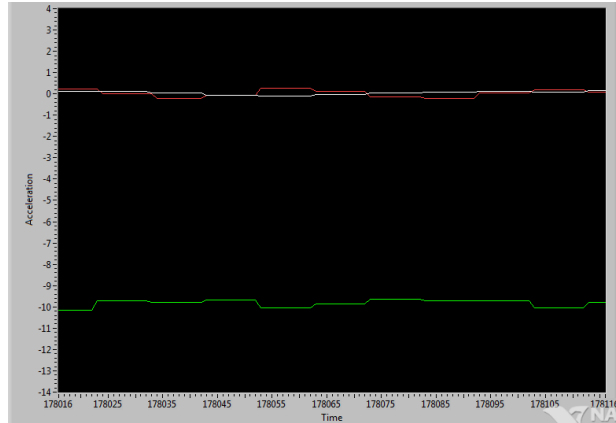


Рисунок 4.28 – Результаты ускорения в точке А3: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.29 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,05 м/с²; по оси Y = 0,3 м/с² и по оси Z = 0,3 м/с².

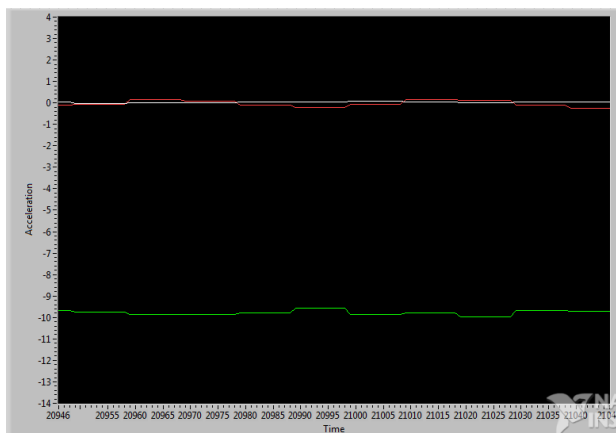


Рисунок 4.29 – Результаты ускорения в точке А3: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Определим средня значения ускорения в точке А3:

$$X_{cp} = \frac{0.28 м / с^2 + 0.16 м / с^2 + 0.05 м / с^2}{3} = 0,16 м / с^2 \quad (4.10)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.26 м / с^2 + 0.25 м / с^2 + 0.3 м / с^2}{3} = 0,27 м / с^2 \quad (4.11)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.4 м / с^2 + 0.43 м / с^2 + 0.3 м / с^2}{3} = 0,38 м / с^2 \quad (4.12)$$

После проведение эксперимент в читальном зале измерения ускорения проводилось на полу и на стене **IV-этажа** в комнате 431 здания в точке **A4** и **A5** (рисунки 4.30 и 4.31).

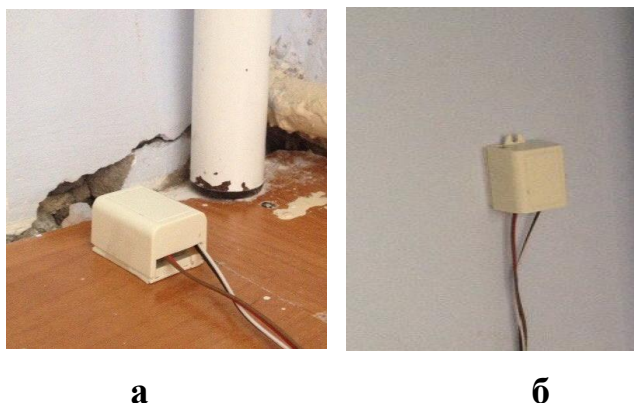


Рисунок 4.30 – Акселерометры 431 комнаты IV этажа: **а** – на полу A4; **б** – на стене A5.

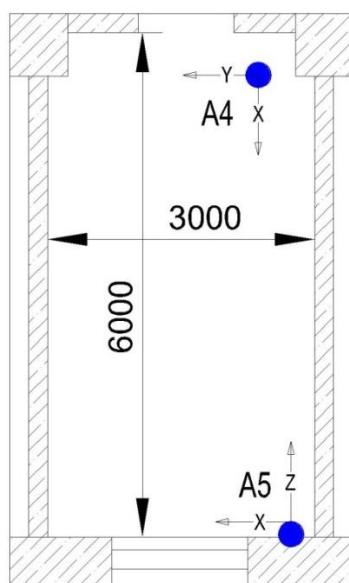


Рисунок 4.31 – Точки расположения акселерометров на полу A4 и на стене A5 431-комнаты IV этажа

Результаты измерения ускорения в точке **A4** (на полу) приведены на рисунках: 4.32; 4.33 и 4.34.

1-й трамвай. Видим, что из рисунка 4.32 максимальное колебание ускорения составляют: по оси $X = 0,05 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,04 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,35 \text{ м/с}^2$.

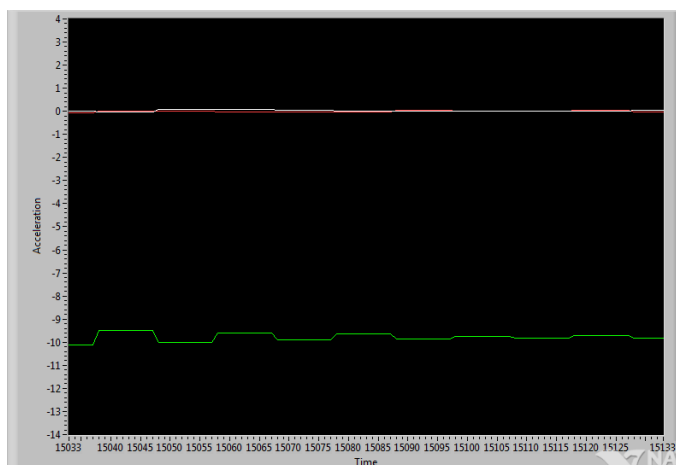


Рисунок 4.32 – Результаты ускорения в точке А4: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.33 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,05 м/с²; по оси Y = 0,2 м/с² и по оси Z = 0,36 м/с².

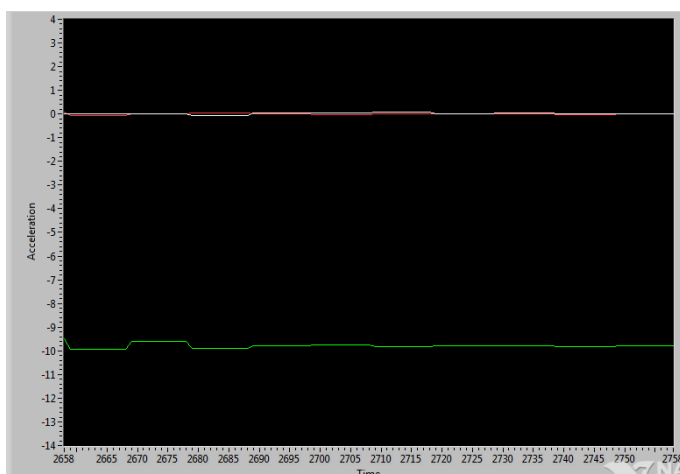


Рисунок 4.33 – Результаты ускорения в точке А4: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.33 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,07 м/с²; по оси Y = 0,05 м/с² и по оси Z = 0,3 м/с².

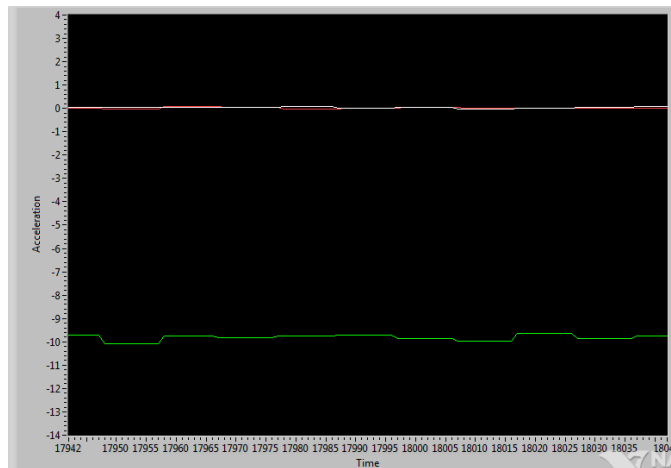


Рисунок 4.34 – Результаты ускорения в точке А4: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Определим средня значения ускорения в точке А4:

$$X_{cp} = \frac{0.05 м / с^2 + 0.05 м / с^2 + 0.07 м / с^2}{3} = 0,05 м / с^2 \quad (4.13)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.04 м / с^2 + 0.2 м / с^2 + 0.05 м / с^2}{3} = 0,1 м / с^2 \quad (4.14)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.35 м / с^2 + 0.36 м / с^2 + 0.3 м / с^2}{3} = 0,34 м / с^2 \quad (4.15)$$

Результаты измерения ускорения в точке А5 (на стене) приведены на рисунках: 4.35; 4.36 и 4.37.

1-й трамвай. Видим, что из рисунка 4.35 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,04 м/с²; по оси Y = 0,3 м/с² и по оси Z = 0,03 м/с².

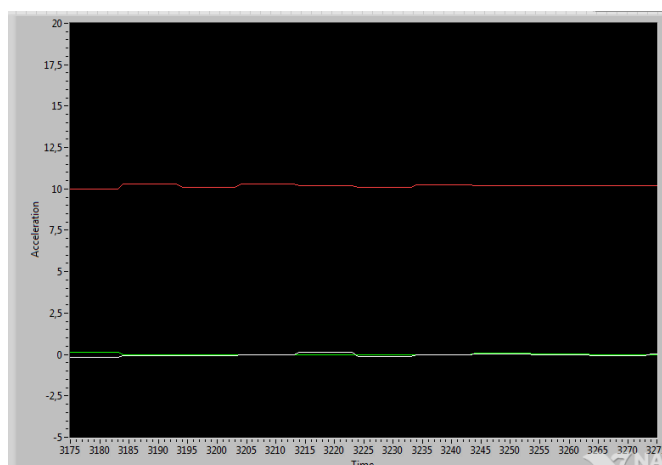


Рисунок 4.35 – Результаты ускорения в точке А5: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.36 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,1 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,38 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,1 \text{ м/с}^2$.

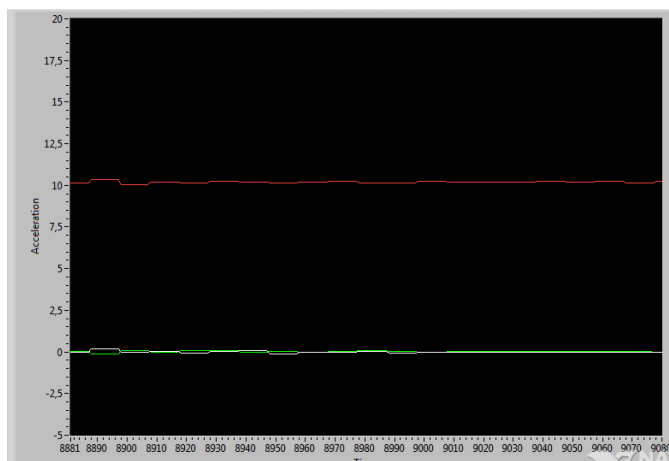


Рисунок 4.36 – Результаты ускорения в точке А5: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.37 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,2 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,4 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,02 \text{ м/с}^2$.

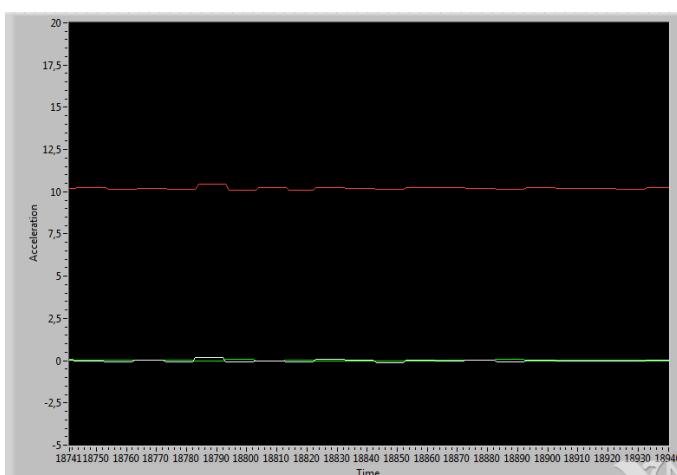


Рисунок 4.37 – Результаты ускорения в точке А5: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Определим средня значения ускорения в точке А5:

$$X_{cp} = \frac{0.04 \text{ м/с}^2 + 0.1 \text{ м/с}^2 + 0.2 \text{ м/с}^2}{3} = 0,11 \text{ м/с}^2 \quad (4.16)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.3 \text{ м/с}^2 + 0.38 \text{ м/с}^2 + 0.4 \text{ м/с}^2}{3} = 0,36 \text{ м/с}^2 \quad (4.17)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.03 \text{ м/с}^2 + 0.1 \text{ м/с}^2 + 0.02 \text{ м/с}^2}{3} = 0,05 \text{ м/с}^2 \quad (4.18)$$

Последнее измерения ускорения проводилось на полу **V-этажа** в читальном зале здания в точке **A6** (рисунки 4.38 и 4.39).



Рисунок 4.38 – Акселерометр на полу читального зала V этажа

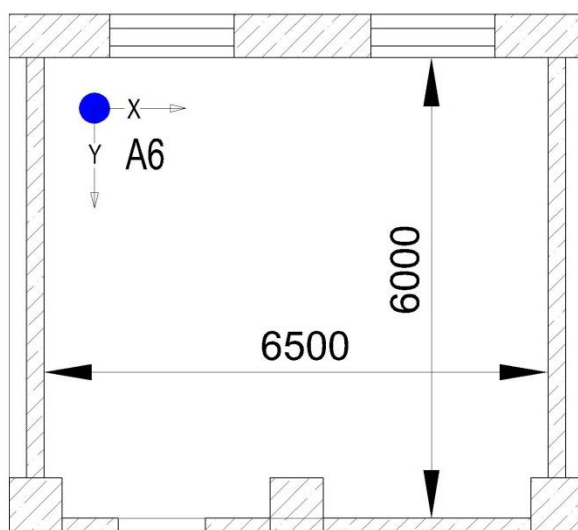


Рисунок 4.39 – Точка расположения акселерометра на полу читального зала V этажа: A6

Результаты измерения ускорения в точке **A6** приведены на рисунках: 4.40; 4.41 и 4.42.

1-й трамвай. Из рисунка 4.40 максимальное колебание ускорение составляют: по оси $X = 0,1 \text{ м/с}^2$; по оси $Y = 0,08 \text{ м/с}^2$ и по оси $Z = 0,4 \text{ м/с}^2$.

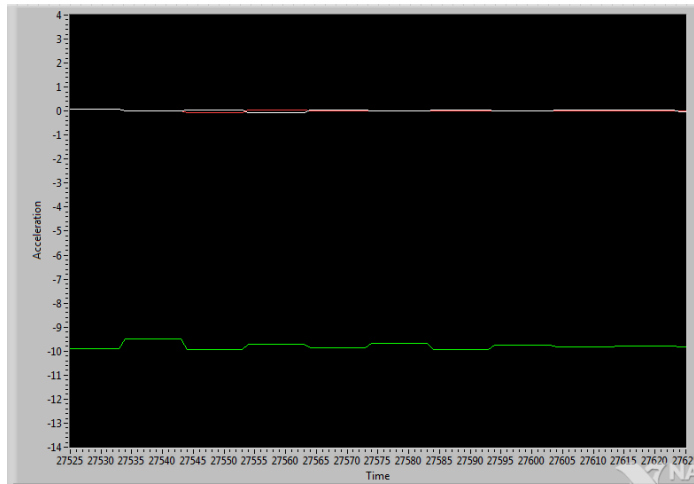


Рисунок 4.40 – Результаты ускорения в точке А6: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

2-й трамвай. Из рисунка 4.41 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,05 м/с²; по оси Y = 0,05 м/с² и по оси Z = 0,15 м/с².

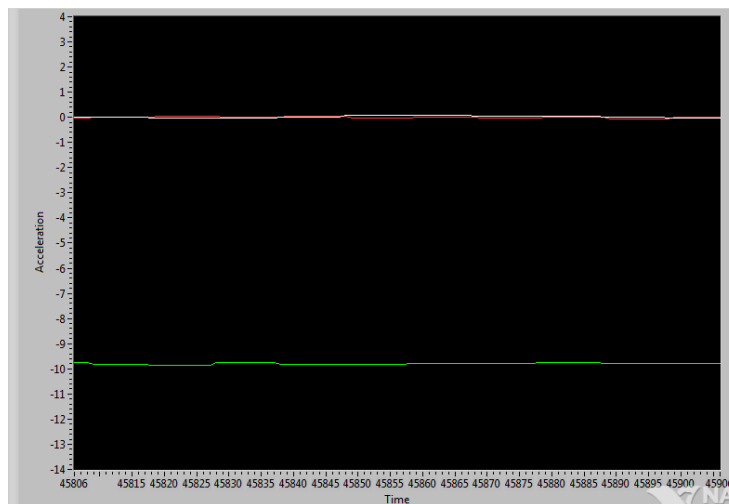


Рисунок 4.41 – Результаты ускорения в точке А6: ось X – белая линия;
ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

3-й трамвай. Из рисунка 4.42 максимальное колебание ускорение составляют: по оси X = 0,21 м/с²; по оси Y = 0,15 м/с² и по оси Z = 0,1 м/с².

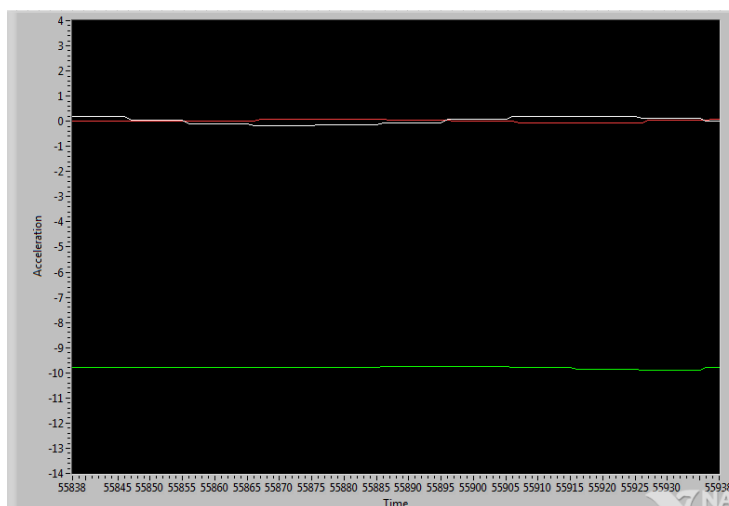


Рисунок 4.42 – Результаты ускорения в точке А6: ось X – белая линия; ось Y – красная линия; ось Z – зеленная линия

Средняя значения ускорения в точке А6 составляют:

$$X_{cp} = \frac{0.1м/с^2 + 0.05м/с^2 + 0.21м/с^2}{3} = 0,12м/с^2 \quad (4.19)$$

$$Y_{cp} = \frac{0.08м/с^2 + 0.05м/с^2 + 0.15м/с^2}{3} = 0,1м/с^2 \quad (4.20)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.4м/с^2 + 0.15м/с^2 + 0.1м/с^2}{3} = 0,21м/с^2 \quad (4.21)$$

Результаты экспериментального исследования измеренные ускорения здания от проходящих трамваев приведены в таблице 4.3.

Таблице 4.3 – Результаты экспериментального исследования

№	Этажи	Точки	Расположение	X_{cp} м/с ²	Y_{cp} м/с ²	Z_{cp} м/с ²
1	II	A1	на полу	0,05	0,1	0,31
2	III	A2	на полу	0,12	0,13	0,52
3	IV	A3	на полу	0,16	0,27	0,38
		A4	на полу	0,05	0,1	0,34
		A5	на стене	0,11	0,36	0,05
4	V	A6	на полу	0,12	0,1	0,21

Вывод

По ГОСТ Р 52892-2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию» [28], приведены допустимые характеристики вибрации и ускорение, измеряемой на конструкции здания, для разных источников возбуждения (таблице 4.2). Из таблицы 4.2 допустимый диапазон ускорение здания и сооружения при рельсового (дорожного) движение транспорта составляют от $0,02 \text{ м/с}^2$ до 1 м/с^2 в зависимости от частоты возбуждения. В нашем случае из таблицы 4.3 результаты измеренные ускорения составляют от $0,05 \text{ м/с}^2$ до $0,52 \text{ м/с}^2$ и не превышает допустимого диапазона ускорения по ГОСТ Р 52892-2007. Делали вывод, что на объект исследование (здание №1 общежитие ТПУ) действует колебание от проходящих трамваев с ускорением от $0,05 \text{ м/с}^2$ до $0,52 \text{ м/с}^2$.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов [33].

Целью данной научно-исследовательской работы является разработка, исследование и экспериментальная апробация измерительно-информационной системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

6.1. Предпроектный анализ

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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) [33].

Таблица 6.1 – Карта сегментирования рынка методов оценка землетрясений

		Характеристика оценок на сейсмичность		
		Высокая оценка на сейсмичность	Безотказность	Устойчивость Зданий на сейсмичность
Оценка зданий и сооружений при землетрясениях	Сейсмические станции			
	Институты по сейсмологии			
	Строительные компании			

– Прогноз землетрясения; – Измерения силу землетрясения ;

– Устойчивость зданий и сооружений на сейсмичность.

Полученные нами методы измерения землетрясений могут быть использованы в качестве, устойчивости зданий и сооружений при землетрясениях. По сравнению другими методами данный метод измерения силы землетрясений является более точным. Сделанный нами проект, может быть, применяется для измерения на сейсмостойкость зданий и сооружений. Потенциальными потребителями является сейсмические станции и институты, а также строительные компании.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
Технические характеристики							
1.Точность измерения	0,2	5	5	5	1,0	1,0	1,0
2.Удобства экзальтации (соответствует дребованиям потребителей)	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
3.Помехоустойчивость	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
4.Энергоэкономичность	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,1
5.Комплексное использование	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
6.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	5	1	0,5	0,5	0,4
7.Безопасность для ОС	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
8.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	5	3	1,0	1,0	0,6
9. Цена	0,1	0,2	3	0,5	0,6	0,3	0,4

Критерии для сравнения и оценки ресурсэфективности и ресурсосбережения приведенные в таблице 6.1 подбирается, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом технических и эконмических особенностей разработки и эксплуатации. Данная разработка сравнивается со специальным измерительным прибором сейсмографом и методами определения силы землетрясений (магнитуда, амплитуда, интенсивность).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [33]:

$$k = \sum \cdot B_i \cdot B_i \quad (6.1)$$

где. k – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i – го показателя

При сравнении с методами измерения метод является более точным и экономичным в эксплуатации и может заменить на рынке уже существующие аналоги. Преимуществом данного прибора в первую очередь является точное измерения силы землетрясений, так же энергоэкономичность, безопасность и простота эксплуатации.

6.1.3. SWOT-анализ

SWOT – анализ метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие SWOT- Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Все факторы делятся на четыре категории, Поскольку SWOT анализ в общем виде не содержит экономических категорий его можно применять к любым организациям, отдельным людям и странам для построения стратегий в самых различных областях деятельности [33].

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. К сильным сторонам можно отнести в первую очередь точность измерения и безопасность также энергоэффективность. Сами сейсмодатчики не имеют негативного влияния на окружающую среду. Все результаты отображены в матрице SWOT (Таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Безопасность</p> <p>С2. Исследование сейсмодатчиков</p> <p>С3. Исследование сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments.</p> <p>С4. Исследование с помощью программы Lab VIEW;</p> <p>С5. Возможность более качественного проведения контроля ускорение с помощью акселерометра и MyRio 1900</p> <p>С6. Удобство при эксплуатации</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл.1. Разработка программного обеспечения ПО;</p> <p>Сл.2. Стоимость приборов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Появление более качественных датчиков материалов в индустрии.</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Появления конкурентов в технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>

II этапу относится выявления соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Возможные несоответствие или соответствие нужны для выявления степени необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа была построена интерактивная матрица проекта. С использованием матрицы можно разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» –

если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в интерактивной матрице проекта.

Таблица 6.4 – Матрица «Сильные стороны-возможности»

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	-
	B2	+	+	+	-	+	+
	B3	+	+	+	+	+	+

Таблица 6.5 – Матрица «Слабые стороны-возможности»

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	-
	B2	+	-
	B3	+	+

Таблица 6.6 – Матрица «Сильные стороны-угрозы»

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	+	+	-	+	+
	У2	+	-	-	+	-	+
	У3	+	-	-	-	+	+
	У4	-	-	+	-	+	-

Таблица 6.7 – Матрица «Слабые стороны-угрозы»

Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	-	+
	У3	-	-
	У4	-	+

Таким образом, после проведенного SWOT-анализа можно сделать вывод, что использование приборов новыми методами измерения является точными измерительными приборами. Данный метод характеризуется

безопасность работы и безвредности, что увеличивает его конкурентоспособность на рынке.

6.2. Инициация проекта

6.2.1. Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей [33].

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

В таблице 6.8 приведена информация о заинтересованных сторонах проекта.

Таблица 6.8 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Сейсмические станции	Использование систему для оценки зданий и сооружений на сейсмостойкость
Институты по сейсмологии	
Строительные компании	
Кафедра Точного приборостроения, Института неразрушающего контроля, Национального исследовательского Томского политехнического университета	Появление на рынке продукта, который будет более качественным и долговечнее чем другие продукты и соответствовать заявленным требованиям.
Руководитель Баранов П.Ф..	
Исполнитель Рустембек у А.	

В таблице 6.9 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта должны включать цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 6.9 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Сбор и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments.
Ожидаемые результаты проекта:	Система сбора данных с сейсмодатчиков обеспечивает сбор и обработку данных, оповещение служб МЧС о надвигающейся опасности.
Требования к результату проекта:	Экономическая обоснованность
	Соответствие характеристики сейсмодатчиков

6.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 6.10.

Таблица 6.10 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Баранов П.Ф. (ИНК ТПУ)	Руководитель проекта	Координация деятельности участников проекта и эксперт проекта	68
2	Рустембек у А. Магистрант (ИНК ТПУ)	Исполнитель по проекту	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	176
ИТОГО:				244

6.3. Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выбор темы научно-исследовательской работы и знакомства с литературой по теме	01.10.2015	Приказ и рефераты
2	Проведение экспериментальных исследований	01.04.2016	Отчет
3	Подготовка статей, составление докладов по материалам работы	01.04.2017	Представление рукописей статей и докладов, проектов документов, списка публикаций
	Подготовка демонстрационных материалов и текста диссертации	15.05.2017	Диссертация
4	Оформления результатов	06.06.2017	Оформление отчета

6.3.2. План проекта

Для планирования выполнения ВКР необходимо составить календарный план проекта. Для этого построим диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для

иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [33].

График строится в виде таблицы 6.12 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 6.12 – Календарный план-график проведения исследования

Вид работ	Исп	Ткi, кал . дн	Продолжительность выполнения работ													
			Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Составление и утверждение технического задания	Р	3														
Подбор и изучение материалов по теме	М	10														
Проведение консультаций	Р	7														
Выбор датчика и изучение конструкции, принцип работы	М	7														
Календарное планирование работ по теме	Р	4														
Подготовка материалов для экспериментов	М	10														
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	М	16														

Продолжение таблицы 6.12 – Календарный план-график проведения исследования

Вид работ	Исп	Ткi, кал . дн	Продолжительность выполнения работ														
			Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Оценка эффективности полученных результатов	М	10															
Анализ и расчеты производственной и социальной ответственности, технико-экономического обоснования ВКР	М	21															
Подготовка материалов для ВКР	М	10															
Обсуждение полученных результатов	Р	2															
Оформление ВКР	М	10															
Сдача ВКР	М	1															

6.3.3. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета разработки электромагнитно-акустического преобразователя необходимо провести полную оценку всех расходов, необходимых для ее выполнения. Расходы группируются по следующим статьям [33]:

- Расходы на сырье, материалы, покупные изделия;
- Оплата работ, выполняемых сторонними организациями;
- Расходы на специальное оборудование;
- Основная заработная плата;

- Дополнительная заработная плата;
- Отчисления в социальные фонды;
- Накладные расходы.

6.3.3.1. Расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Проведем расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам. Материалы, необходимые для выполнения ВКР и их стоимость приведены в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Сырье, материалы необходимые для выполнения ВКР

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для оргтехники (А4)	1 шт.	230	230
Канцелярские товары	1 шт.	150	150
USB Flash накопитель	1шт.	600	600
Краска для принтера	1 шт.	900	900
Всего за материалы			1880
Итого по статье C_M			1880

Кроме приведенных выше материалов, для выполнения ВКР необходима электроэнергия, потребляемая компьютером. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = T_{эл} \cdot P \cdot t, \quad (6.2)$$

где n – тариф на электроэнергию (2.6 р. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования (0.2 кВт·ч);

t – время использования оборудования (из расчета работы 4 часов в сутки).

Таким образом, суммарные расходы на материалы составляют:

$$C_{эл} = 2.6 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 476 = 990,08 \text{ руб.}$$

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями, включает в себя:

- Услуги Internet 350р в месяц. За 22 месяца – 7700руб;
- Затраты на электроэнергию– 990,08 руб
- Распечатка 120 стр. – 240 руб., переплет – 30 руб.

Суммарные расходы на оплату работ, выполняемых сторонними организациями: 8960 руб.

6.3.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Специальное оборудование, необходимое для проведения ВКР – компьютер (ПК, монитор, клавиатура, компьютерная мышь, либо ноутбук и компьютерная мышь) общей стоимостью 40000 руб.

Таблица 6.14 – Перечень затрат на специальное оборудование

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Платформа Ni MyRio1900	3	57955	173865
ИМУ-сенсор (Тройка-модуль) Акселерометр	9	200	1800
Компьютер	1	40000	40000
Проволка	1 п.	1200	1200
Всего за материалы			216865

6.3.3.3. Расчет основной заработной платы

Проведем расчет основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в разработке. Основная заработная плата работника от предприятия определяется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (6.3)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ в рабочих днях.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (6.4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб.дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6дневная неделя);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Месячный должностной оклад руководителя (к.т.н.):

$$Z_{\text{мр}} = 27500,96 \cdot 1,3 = 35750,78 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад исполнителя (магистранта):

$$Z_{\text{мм}} = 2275 \cdot 1,3 = 2957,5 \text{ руб.}$$

Определим действительный годовой фонд рабочего времени $F_{\text{н}}$ руководителя, исполнителя (магистранта) исходя из того, что они работают по 6-дневной неделе (таблица 6.15).

Таблица 6.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	116	116
- выходные дни	96	96
- праздничные дни	20	20
Потери рабочего времени на отпуск	32	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	250

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн.р}} = \frac{35750,78 \cdot 10,4}{218} = 1705,54 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$Z_{\text{дн.и}} = \frac{2957,5 \cdot 12}{250} = 141,96 \text{ руб.}$$

Исходя из количества рабочих, основная заработная плата составит:

для руководителя:

$$Z_{\text{осн.р}} = 1705,54 \cdot 218 = 371810,77 \text{ руб.}$$

для исполнителя:

$$Z_{\text{осн.и}} = 141,96 \cdot 250 = 35490 \text{ руб.}$$

Таблица 6.16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_м, руб	Z_{дн}, руб.	T_р, раб.дн.	Z_{осн}, руб.
Руководитель	35750,78	1705,54	218	371810,77
Исполнитель	2957,5	141,96	250	35490

6.3.3.4. Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала составляет в среднем 12% от суммы основной заработной платы.

Таким образом, дополнительная заработная плата:

для руководителя:

$$Z_{\text{д.р}} = 371810,77 \cdot 0.12 = 44617,29 \text{ руб}$$

для исполнителя:

$$Z_{\text{д.и}} = 35490 \cdot 0.12 = 4258,8 \text{ руб.}$$

Таблица 6.17 – Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	371810,77	35490
Дополнительная зарплата	44617,29	4258,8
Итого	416428,06	39748,8
Итого по статье Сзп	456176,86	

6.3.3.5. Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды включают в себя отчисления во внебюджетные фонды: пенсионный фонд, фонд ОМС и т.д. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 30%, тогда

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (6.5)$$

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 39748,8 = 11924,64 \text{ руб.}$$

6.3.3.6. Расчет накладных расходов

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [33].

Примем коэффициент накладных расходов $k_{\text{накл}}$ равным 90%,

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (6.6)$$

$$C_{\text{накл.}} = 0,9 \cdot 39748,8 = 35773,92 \text{ руб.}$$

Группировка затрат по статьям приведена в таблице 6.18. Плановая себестоимость составила 731 581руб.

Таблица 6.18 - Группировка затрат по статьям

Статьи затрат	Стоимость, руб.
Материалы	1 880
Специальное оборудование	216 865
Заработная плата	456 176,86
Отчисления на социальные нужды	11 924,64
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	8 960
Накладные расходы	35 773,92
Итого плановая себестоимость	731 581

Для реализации данной разработки системы потребуется **731 581** рубля.

Вывод

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

– были определены потенциальные потребители результатов исследования;

– проведен SWOT-анализ, по результатам которого можно сделать вывод, что данная технология имеет преимущества по сравнению с имеющимися разработками. Данная разработка и имеет низкую стоимость, по сравнению с существующими технологиями. Для повышения спроса необходима активная рекламная компания;

– определены цели и требования к результатам проекта. Целью является, система сбора данных с сейсмодатчиков обеспечивает на основе технологий National Instruments сбор и обработку данных, оповещение служб МЧС о надвигающейся опасности.

– составлен план проекта, в соответствии с которым определяются объем работ и время, затрачиваемое на ее выполнение;

– рассчитан бюджет научного исследования. Общий бюджет для реализации исследования потребует **731 581** рублей.

7. Социальная ответственность

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это могут быть какие-либо факторы производственной среды, чрезмерная физическая и умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также разное сочетание этих причин.

В настоящей работе предложены разработка, исследование и экспериментальная апробация измерительно-информационной системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков на основе технологий National Instruments. Объектом исследования является сейсмический датчик. Полученная информация визуализируется с сейсмических датчиков на устройствах «MyRio 1900» и на компьютере, состоящего из системного блока и монитора, поэтому выполняемые работы относятся к взаимодействию с персональным компьютером. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером, следовательно, можно выделить следующие физические факторы, влияющие на здоровье человека: длительное неизменное положение тела, напряжение глаз, свет, шум, микроклимат, воздействие электромагнитных и электростатических полей (ЭМП и ЭСП).

В данной главе будет разработан комплекс мероприятий, который позволит свести к минимуму или ликвидировать негативные влияния факторов, возникающие при работе сейсмодатчика с компьютером.

7.1. Производственная безопасность

Вредные проявления факторов в рассматриваемой рабочей зоне обусловлены электромагнитными, электростатическими излучениями от ПК. Поэтому с точки зрения безопасности важно научиться пользоваться компьютером и правильно организовать работу. Отрицательное влияние

компьютера на человека является комплексным, во время работы за компьютером на организм влияет целый ряд негативных физических и психологических факторов, а именно:

- длительное пребывание в одном и том же (сидячем) положении и повторение однотипных движений, монотонность труда;
- утомление глаз, повышенная нагрузка на зрение;
- умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;
- повышенная пульсация светового потока;
- повышенный уровень электромагнитных излучений различных частот от монитора и системного блока;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- повышенный уровень статического электричества при неправильно спроектированной рабочей зоне;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, возникающие в связи с разработкой данной системы.

Работа проводится в помещении, соответствующим гигиеническим требованиям (СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03) [34].

Таблица 7.1 – Опасные и вредные факторы при производственном процессе

Группы	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	Нормативные документы
Опасные	Электробезопасность	ГОСТ12.1.038-82 [36]
	Пожарная и взрывная безопасность.	ГОСТ 12.1.033-81 [37]
Вредные	Отклонение показателей микроклимата в помещении	СанПиН 2.2.4.548-96[38]
	Превышение уровней шума	ГОСТ 12.1.003 83[39]

Продолжение таблицы 7.1 – Опасные и вредные факторы при производственном процессе

Группы	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	Нормативные документы
Вредные	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СНиП 23-05-95[40]
	Повышение уровня электромагнитных излучений	СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [34]
	Психофизиологические вредные факторы	ГОСТ 12.0.003-74 [35]

7.1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Отклонение показателей микроклимата в помещении

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [38] показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддерживать оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателям характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают уровня отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и является предпочтительными на рабочих местах. Допустимые микроклиматические условия устанавливаются

в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенные в таблице 7.2 и 7.3.

В таблице 7.2 и 7.3 показаны оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) [38].

Таблица 7.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 7.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

Повышение уровня электромагнитных излучений

Электромагнитные волны – это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей. Совокупность этих полей, неразрывно связанных друг с другом, называется электромагнитным полем (ЭМП). Источниками электромагнитных полей являются в частности мониторы компьютеров.

Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей представлены в таблице 7.4

Таблица 7.4 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) [34]

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [42] путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ПЭВМ или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают: в целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, должны проходить при поступлении и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством (лечебно-профилактические мероприятия).

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: Естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части здания (крыше). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Для характеристики естественного освещения используется, искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Общее предназначено для освещения всего производственного помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует

дополнительный световой поток на рабочих местах. Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют совмещенным.

В кабинете, где находится рабочее место, совмещенное освещение. Естественное освещение осуществляется через боковые окна, ориентированные на север и северо-восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 2 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 2 ряда перпендикулярно стене с оконными проемами и параллельно рядам столов с ПЭВМ, что позволяет достичь равномерного освещения. Также согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1] освещенность поверхности экрана не должен быть более 300 лк, яркость светящихся поверхностей (окно, светильник и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200кд/м^2 , яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40кд/м^2 и яркость потолка не должна превышать 200кд/м^2 , при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1, показатель облученности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20, коэффициент запаса (K_3) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1.5, коэффициент пульсации не должен превышать 5%. В качестве источника искусственного света применяются светильники.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум – это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Различные печатающие, сканирующие устройства, системный блок ПЭВМ могут служить источником шума. Подобные шумы небольшой интенсивности, порядка 50-60 дБА, негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические нарушения сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [34] в производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормами (таблица 7.5).

Таблица 7.5 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука при научной деятельности и обработке данных широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума (ГОСТ 12.1.003-83 (1999)) [39]

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, а Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должен размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Психофизиологические вредные факторы

Среди психофизиологических вредных производственных факторов различают физические и нервно-психические. Физические факторы называют еще физическими нагрузками (перегрузками), они характеризуют тяжесть труда. Нервно-психические нагрузки (перегрузки) определяют напряженность труда. Иногда их относят не к вредным производственным факторам, а к вредным факторам трудового процесса [35].

Нервно-психические перегрузки являются следствием информационного взаимодействия в системе «пользователь – ПЭВМ». К основным нервно-психическим перегрузкам относятся повышенные зрительные напряжения; умственные и нервно-эмоциональные перегрузки; длительная концентрация внимания; монотонность труда (однообразие трудового процесса, повторяемость операций, отсутствие возможности переключения внимания или изменения вида работы). Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие дефицита времени, большого объема и плотности информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.), ответственности за безошибочность информации. К факторам, приводящим к нервно-психическим перегрузкам, можно отнести повышенные пульсации световых потоков источников искусственного освещения и экран ВДТ. Световые пульсации (даже незаметные для глаз) приводят к повышению общего и зрительного утомления, ухудшению зрительной работоспособности, снижению производительности труда. С уменьшением частоты пульсаций негативные эффекты усиливаются. К нервно-психическим перегрузкам приводит также низкочастотные (0,20 Гц) мерцание экрана, то есть кажущееся изменение яркости его свечения. Оно может появиться из-за взаимодействия пульсирующих световых потоков источников света и экрана.

Для того чтобы избежать утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не

заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку [35].

7.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Электробезопасность

Электрический ток – это основной опасный фактор при компьютерной работе. Электрические установки, к которым относятся практически оборудования ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок – токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочие оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82, реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека, то есть при прикосновении человека к сети не менее чем двух точках. Стремительно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до1000В) [36].

Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы. Чем больше время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма.

Основными мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма относятся:

1. Систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
2. Разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации вычислительной техники и контроль их соблюдения;

3. Соблюдения правил противопожарной безопасности;
4. Своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов.

Пожарная и взрывная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12.1.033-81 понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [37].

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п. Для устранения причин возникновения пожаров в офисном помещении проводятся следующие мероприятия:

- сотрудники проходят противопожарный инструктаж;
- сотрудники знают расположение средств пожаротушения и умеют ими пользоваться;
- обеспечивается правильный тепловой и электрический режим работы компьютерной и орг. техники;

Пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения содержатся в исправном состоянии и находятся на видном и легкодоступном месте.

Огнетушители ОХВП-5, ОХВП-10, ОВП-5, ОВП-10 предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, за исключением щелочноземельных элементов, а также электроустановок под напряжением.

При загорании снять огнетушитель, поднести к очагу загорания, не менее 1 метра, прочистить спрыск иглой или гвоздем, повернуть рычаг до отказа до 180°, перевернуть огнетушитель вверх дном и направить струю на огонь. Действие огнетушителя 60 секунд, длина струи пены 6-8 метров. Выход пены из огнетушителя 50 литров. Огнетушители ОВП-5 снять огнетушитель, выдернуть чеку, нажать на спусковой клапан и направить струю на огонь. Время действия - 50 секунд длина струи 5-7 метров, выход пены-50 литров. Огнетушители ОП-5 порошковые, предназначены для тушения загорания установок под напряжением до 1000В. При загорании снять огнетушитель, поднести к загоранию, выдернуть чеку и направить пистолет на огонь. Огнетушитель ОУ-2 углекислотные, применяются для тушения электрооборудования под напряжением до 1000В и др. предметы. При загорании поднести огнетушитель к загоранию, выдернуть чеку и нажав на нижний рычаг направить струю на огонь.

7.2. Экологическая безопасность

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилия учёных многих специальностей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий, является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это требует решения целого комплекса сложных технологических и конструктивных задач, основанных на исследовании новейших научно-технологических достижений.

Главным загрязнителем поверхностных слоев литосферы являются твердые отходы, в компактных массах получающиеся в быту и на производстве. Твердые отходы необходимо удалять, складировать, утилизировать. Утилизация представляет собой переработку отходов,

имеющую целью использование полезных свойств отходов или их компонентов.

Утилизация изделия производится в соответствии с установленным на предприятии порядком (переплавка, захоронение, перепродажа), составленным в соответствии с Законами РФ №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», №52-ФЗ «Об санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», а также другими российскими и региональными нормами, актами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми в использование указанных законов.

Сейсмодатчики не оказывает вредного влияния на окружающую среду. Он не содержит в своем составе драгоценных металлов, опасных или ядовитых веществ, способных нанести вред здоровью человека или окружающей среде, и не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды по окончании срока службы. В связи с этим утилизация прибора может производиться по правилам утилизации общепромышленных отходов. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов, подвергаются захоронению на полигонах. Полигоны должны располагаться вдали от водоохраных зон и иметь санитарно-защитные зоны. В местах складирования выполняется гидроизоляция для исключения загрязнения грунтовых вод.

7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС является землетрясение. Сейсмические волны, возникшие в земных глубинах в результате разрыва горных пород, достигают земной поверхности через несколько секунд, что и вызывает при сильных землетрясениях разрушение зданий, ведет к гибели людей.

Сейсмодатчики предназначены для регистрации сейсмических воздействий на здание и сооружение и формирование дискретных аварийных сигналов о превышении установленного уровня сейсмоускорения. Данный

проект предназначен для оповещения служб МЧС о надвигающейся опасности: землетрясения.

Под системой антисейсмической мероприятий различают две группы:

Предупредительные и *профилактические* мероприятия, осуществляемые до предполагаемого землетрясения;

Мероприятия, выполняемые во время и после землетрясения – действия в чрезвычайных ситуациях.

Мероприятия первой группы: изучается природа землетрясения, раскрывается его механизм, идентифицируются предвестники, разрабатываются методы прогноза и др. Это позволяет осуществить правильный выбор место расположения населенных пунктов и предприятий с учетом сейсмостойкости района.

Профилактическое мероприятие включают:

Создание прогнозных региональных комиссий;

– строительство зданий и сооружений на основе нормативных карт сейсмического районирования;

– Организацию специальных служб (спасатели, медицинская помощь, пожарные);

– создание запасов материальных ресурсов, продовольствия, медикаментов, одежды, палаток, отопительных приборов, питьевой воды и др.;

– просвещение и обучение правилам поведения в условиях сейсмоопасности.

До землетрясения: необходимо иметь дома батарейный радиоприемник, карманный фонарик и аптечку; знать расположение всех основных выключателей, не хранить в шкафах тяжёлые предметы.

Во время землетрясения: сохранять спокойствие, оставаться на месте, стоять у опорных стенок или дверном проеме, на улице быть дальше от трубопроводов, встать под воротами или порталом, машину остановить, не пользоваться открытым огнем, не входить в лифт на лестницы и кирпичных

кладок, не приближается к морю из-за возможного цунами, сохранять спокойствие.

7.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые вопросы обеспечения безопасности

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке [46].

Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3 часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных настоящими санитарными правилами. Трудоустройство беременных женщин следует осуществлять в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Медицинское освидетельствование студентов высших учебных заведений, учащихся средних специальных учебных заведений, детей дошкольного и школьного возраста на предмет установления противопоказаний к работе с ПЭВМ проводится в установленном порядке.

Организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда. При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76 [47]. В этих случаях, когда невозможно осуществить регулирование высоты рабочей поверхности и подставки для ног, допускается проектировать и изготавливать оборудование с нерегулируемыми параметрами рабочего места. В этом случае числовые значения этих параметров определяют по таблице 7.6 и 7.7 [47].

Таблица 7.6 – Высота рабочей поверхности при организации рабочего места

Наименование работы	Высота рабочей поверхности, мм, при организации рабочего места		
	женщин	мужчин	женщин и мужчин
Очень тонкие зрительные работы (сборка часов, гравировка, картография, сборка очень мелких деталей и др.)	930	1020	975
Тонкие работы (монтаж мелких деталей, станочные работы, требующие высокой точности, и др.)	835	905	870
Легкие работы (монтаж более крупных деталей, конторская работа, станочные работы, не требующие высокой точности, и др.)	700	750	725
Печатание на машинке, типографских станках, перфораторах, легкая сборочная работа более крупных деталей и др.	630	680	655

Таблица 7.7 – Высота сиденья

Пол работающего	Высота сиденья, мм
Женщины	400
Мужчины и женщины	420
Мужчины	430

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м [34].

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Конструкция одноместного стола для работы с ПЭВМ должна предусматривать:

- две отдельные поверхности: одна горизонтальная для размещения ПЭВМ с плавной регулировкой по высоте в пределах 520-760 мм и вторая - для клавиатуры с плавной регулировкой по высоте и углу наклона от 0 до 15° с надежной фиксацией в оптимальном рабочем положении (12-15°);

- ширину поверхностей для ВДТ и клавиатуры не менее 750 мм (ширина обеих поверхностей должна быть одинаковой) и глубину не менее 550 мм;

- опору поверхностей для ПЭВМ или ВДТ и для клавиатуры на стояк, в котором должны находиться провода электропитания и кабель локальной сети. Основание стояка следует совмещать с подставкой для ног;

- увеличение ширины поверхностей до 1200 мм при оснащении рабочего места принтером.

Высота края стола, обращенного к работающему с ПЭВМ, и высота пространства для ног должны соответствовать росту обучающихся в обуви. При наличии высокого стола и стула, не соответствующего росту обучающихся, следует использовать регулируемую по высоте подставку для ног. Линия зрения должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное ее отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать $\pm 5^\circ$, допустимое $\pm 10^\circ$.

Вывод

По результатам выполненного задания для раздела «Социальная ответственность» было достигнуто следующее:

– При производственной безопасности были определены вредные факторы и опасные факторы при разработке и эксплуатации проектируемого решения;

– Проведены анализ воздействия сейсмодатчика на литосферу (отходы);

– Рассмотрена типичная чрезвычайная ситуация при эксплуатации сейсмодатчика: землетрясения;

– Были рассмотрены правовые и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Заключение

1. Изучены сейсмическая активность и оценка сейсмостойкости зданий и сооружений. Обоснована актуальность разработки систем.
2. Рассмотрены принцип работы, технические характеристики и область применения сейсмических датчиков;
3. Произведен выбор первичных измерительных преобразователей акселерометра LIS331DLH;
4. Выбрана устройства сбора данных NI MyRIO 1900;
5. Произведена разработка программного обеспечения для сбора и обработки данных;
6. Произведена экспериментальная апробация измерительно-информационной системы. Результаты подтвердили ее пригодности;
7. В разделе «Конструирование и вопросы технологии» разработана конструкция БА чувствительного элемента. Были спроектированы технологический процесс сборки БА и технологический процесс изготовления корпуса. Были рассчитаны оценки технологичности конструкции БА;
8. В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрены вопросы создания конкурентной продукции и продвижения её на рынке. Рассчитан бюджет научного исследования;
9. В разделе «Социальная ответственность для обеспечения безопасности в процессе исследований» рассмотрены вредные и опасные факторы влияния разработанной системы мониторинга на окружающую среду на всех стадиях её жизненного цикла.

Список публикаций

1. IV Всероссийский молодежного Форума с международным участием «Инженерия для освоения космоса» 12 – 14 апреля 2016 года, г. Томск, на тему «Use of accelerometers in Space Engineering»;

2. VI Всероссийской научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технология, безопасность» 23 – 27 мая 2016 года, г. Томск, на тему «Применение акселерометра в космической инженерии»;

3. V Международный молодежный Форум «Инженерия для освоения космоса» 18 – 20 апреля 2017 года, г. Томск, на тему «Система сбора данных с акселерометра на основе NI MyRIO».

Список использованных источников

1. Горшков Г.П. Землетрясения и причины их возникновения// Научная литература. – М.:1955.– 23 с.
2. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения - альтернативный взгляд // Научная литература.– Б.: 2013.– 144 с.
3. Штейнбургге К., Морган Д. Инженерный анализ последствий землетрясений, в Южной калифорнии// – М.:Госиздат, 1957. – 270 с.
4. Назаров А.Г.,Дарбинян С.С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений // Ереван.: Научная литература, 1974.– 65 с.
5. Чэнь Сятин, Н.И. Ватин. Сейсмоизолированное здание со скользящим фторопластным поясом// Научная литература.–С-П. 2011 – 86с.
6. Корчинский И.Л. Сейсмостойкое строительство зданий. Уч.пос. для вузов. - М.: Высшая школа, 1971.- 320с.
7. СНиП II-7-81*. Строительные нормы и правила. «Строительство в сейсмических районах» Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1991.– 50с
8. Омори Ф. Публикации о землетрясениях на иностранных языках//№4, Токио, 1900.
9. Рассказовский В.Т., Рашидов Т.Р., Абдурашидов К.С.Последствия Ташкентского землетрясения. // Ташкент: Фан, 1967. –142с.
10. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. //М.: Стройиздат, 1978.– 308 с.
11. Карпатское землетрясение 1996 г. Кишинев// Издательство «Штинц», 1990. – 334 с.
12. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации// Учебное пособие, – М.:Инфра-Инженерия. 2010. – 176 с.
13. Принцип работы тензодатчика. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.asutpp.ru/datchiki/tenzodatchik.html> – (дата обращения: 15.03.16).

14. Тензодатчика. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.asvik.kiev.ua/ru/articles/5> – (дата обращения: 20.03.16).
15. Волоконно-оптические датчики. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.laser-portal.ru/content_359 – (дата обращения: 20.03.16).
16. В.В. Шишкин, И.В. Гранёв, И.С. Шелемба. Отечественный опыт производства и применения волоконно-оптических датчиков// Научная литература. – Пермь: 2016. – 15 с.
17. Инклинометр. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80> – (дата обращения: 28.03.16).
18. Ф. Чоллет, Х. Лю, А., Краткое введение в MEMS. [Электронный ресурс] – URL: <http://memscyclopedia.org/introMEMS.html> – (дата обращения: 25.03.17).
19. Принцип действия емкостного акселерометра. [Электронный ресурс] – URL: http://www.sovtest.ru/news/publications/sovremennye-mems_giroskopy-i-akselerometry/(дата обращения: 25.03.17).
20. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2007_5_46.php – Загл. с экрана (дата обращения: 25.03.17).
21. National Instruments. [Электронный ресурс]. – URL: <http://russia.ni.com/> – (дата обращения: 28.03.17).
22. NI MyRIO 1900 Datasheet. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf>
23. Программа LabVIEW. [Электронный ресурс]. – URL: <http://russia.ni.com/labview> – (дата обращения: 05.04.17).
24. IMU-сенсор (Тройка-модуль). [Электронный ресурс]. – URL: https://www.terraelectronica.ru/%2Fds%2Fpdf%2FA%2FAx1_doc.pdf – (дата обращения: 06.04.17).

25. Акселерометр LIS331DLH Datasheet. [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/9c/d6/7d/9b/06/6b/40/9d/CD00213470.pdf/files/CD00213470.pdf/jcr:content/translations/en.CD00213470.pdf>
26. Интерфейс I²C. [Электронный ресурс]. – URL:http://www.itd.com/reference/ref_i2c.html – (дата обращения: 06.04.17).
27. Дудкин Е.С., Динамические воздействия от движения городского транспорта на здания и сооружения//Ползуновский вестник № 1–2, 2007.– 32с.
28. ГОСТ Р 52892-2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию»
29. Гормаков А.Н., Технология приборостроения//Учеб. пособие. – Томск, ТПУ, 2003. – 184с.
30. Свойства и области применения АБС-пластиков – [электронный ресурс] – URL:http://polymery.ru/letter.php?n_id=5138&cat_id=3 – (дата обращения: 20.04.17).
31. Николаев А.Ф., Крыжановский В.К., Бурлов В.В., Технология полимерных материалов//Учеб. Пособие. – Профессия, 2008. – 544с.
32. Костюченко Т. Г. / САПР в приборостроении: Сборка соединений : учебное пособие / Т. Т. Костюченко; ТПУ, 2009. — 207 с.
33. Гаврикова Н.А. Г123 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 73 с.
34. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
35. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

36. ГОСТ 12.1.038-82*. Система стандартов безопасности труда. «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

37. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. «Пожарная безопасность».

38. СанПиН 2.2.4.548-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». М. Информационно издательский центр Минздрава России, 1997.

39. ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности».

40. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».

41. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Санитарные правила и нормы. «Электромагнитные излучения. Радиочастотного диапазона».

42. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.

43. Ефремова О.С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 176с.

44. СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений». – М.: Госстрой России, 1997. – 12с.

45. ГОСТ Р 22.0.01-94. «Безопасность в ЧС. Основные положения».

46. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

47. ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

48. Лесенко, Георгий Георгиевич. Безопасность труда в приборостроении / Г. Г. Лесенко, Ю. И. Борисенко. — Киев: Тэхника, 1988. — 128 с.

