

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки приборостроение  
Кафедра физических методов приборов контроля качества

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Системы измерения параметров волнения для подводных аппаратов</b>
УДК 681.2:551.466.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Тимофеев Владислав Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко А.Ю.	Д.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. менеджмента	Чистякова Н.О.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Суржиков А.П.	д.ф.-м.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной 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 физических методов приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Суржиков А.П.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Тимофееву Владиславу Юрьевичу

Тема работы:

Системы измерения параметров волнения для подводных аппаратов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является процесс распространения волнового движения в глубину. Необходимо разработать макет для измерения уровня волнового движения на поверхности моря для автономного необитаемого подводного аппарата, с возможностью проведения измерений на некоторой глубине, на основе датчика акселерометра. Применять современную элементную базу и оптимальные по затратам (как временным, так и финансовым) техники изготовления макета.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих

	разработке; заключение по работе.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Принципиальная схема макета устройства
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Заведующий кафедрой менеджмента, к.э.н., Чистякова Н.О.
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н., Анищенко Ю.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
введение, обзор литературы, объекты и методы исследования, структура устройства, результаты работы	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Юрченко А.В.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Тимофеев Владислав Юрьевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БМ4Б	Тимофееву Владислава Юрьевичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1 <i>Потенциальные потребители результатов исследования</i>	1 <i>Устав проекта</i>
2 <i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	2 <i>План проекта</i>
3 <i>FAST – анализ</i>	3 <i>Календарный план</i>
4 <i>Оценка готовности проекта к коммерциализации</i>	4 <i>Группировка затрат по статьям</i>
5 <i>Инициация проекта</i>	5 <i>Расчет затрат и зарплат</i>
6 <i>Планирование управления научно-техническим проектом</i>	6 <i>Сравнительная эффективность разработки</i>
7 <i>Бюджет научного исследования</i>	
8 <i>Оценка сравнительной эффективности исследования</i>	
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1 <i>Иерархическая структура работ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	30.04.2016
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Заведующий кафедрой	Чистякова Н.О.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БМ4Б	Тимофеев В.Ю.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 18 рис., 21 табл., 21 источник, 4 прил.

Ключевые слова: АНПА, МЭМС акселерометр, измерение морского волнения, макет.

Объектом исследования является процесс распространения волнового движения в глубину.

Предметом исследования является метод извлечения информации об уровне волнения на поверхности моря, на основе вертикального движения водной массы на глубине.

Цель работы – проверка теоретической возможности регистрации и обработки данных о величине морского волнения на некоторой глубине, создание макета прибора, измеряющего соответствующее волнение, на основе датчика акселерометра.

В процессе исследования проводились: теоретический обзор линеаризованной теории волны, испытания пригодности акселерометра для задачи измерения вертикальной составляющей при волновом движении, проектирование макета, написание программы для микроконтроллера, изготовление печатной платы макета.

В результате исследования был сделан вывод о пригодности использования акселерометра для данной цели, изготовлен макет устройства.

Область применения: система управления для автономного необитаемого подводного аппарата.

В будущем планируется: провести полноценные испытания макета в специальном бассейне с формированием волн заданных характеристик, изготовление опытного образца с установкой на борт АНПА.

## Оглавление

Введение .....	9
1 Обзор литературы .....	11
2 Объект и методы исследования .....	15
3 Расчеты и аналитика .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Теоретическое обоснование .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Проведение эксперимента .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Проектирование и создание макета .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.1 Структура устройства .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.2 Выбор микроконтроллера .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.3 Подключение карты памяти .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.4 Выбор акселерометра .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.5 Часы реального времени .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.6 Преобразователь USB-UART .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.7 Повышающе-понижающий преобразователь .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3.8 Контроллер заряда .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.4 Тестирование программы и устройства .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Результаты работы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	16
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	16
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	16
4.3 FAST – анализ .....	17
4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	19
4.5 Инициация проекта .....	21
4.6 Планирование управления научно-техническим проектом .....	23
4.7 Бюджет научного исследования .....	27
4.8 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	30
5. Социальная ответственность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1 Производственная безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.1 Отклонение параметров микроклимата .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.2 Повышенная концентрация вредных веществ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.3 Недостаточное освещение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

5.1.4 Электрический ток .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.5 Термическая опасность.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.1 Терроризм .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2.2 Пожар .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.3 Экологическая безопасность.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.3.1 Защита атмосферы .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.3.2 Защита литосферы.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
5.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
Заключение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список используемых источников .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список публикаций студента .....	33
Приложение А.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение Б.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение В.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение Г .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение Д.....	100

## **Введение**

В настоящее время российский рынок роботизированных технологий в сфере морских исследований пока очень молод и находится в начальной стадии развития. Значительную долю морских исследований занимает использование в этих целях роботизированных комплексов и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Роботизированные комплексы могут осуществлять работы не только в области науки, но и в военной сфере. Основным производителем АНПА в России является Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМТ ДВО РАН) в городе Владивостоке.

Спектр областей, в которых востребованы технологии и устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты, в последнее время стремительно расширяется и область морских исследований не является исключением. Так в данной работе рассматриваются новые методы определения величины морского волнения, для АНПА, в частности с использованием микроэлектромеханических (МЭМС) датчиков. МЭМС датчики, такие как акселерометры и гироскопы, не оказывают воздействия на внешнюю среду и не контактируют с ней, в отличие от радиосвязи или гидроакустических методов, а значит могут использоваться в тех задачах, где это воздействие нежелательно или невозможно, к примеру, в военных целях где маскировка является одним из важнейших преимуществ. Также, измерения параметров волнения, лазерным устройством, находящимся под водой крайне затруднены, из-за сильного рассеивания светового луча и слабым отражением от границы раздела сред. Эхолокационные методы определения волнения для подводных аппаратов имеют большую погрешность измерений и малую дистанцию действия. Все эти факторы обуславливают актуальность создания волноизмерительного устройства для подводных аппаратов с новым методом определения величины волнения.

Целью данной работы является проверка теоретической возможности регистрации и обработки данных о величине морского волнения на некоторой глубине, а также создание макета прибора, измеряющего соответствующее волнение. Объектом исследования является процесс распространения волнового движения в глубину. Рассмотрена теория, объясняющая закон распространения этого движения. Предметом исследования является метод извлечения информации об уровне волнения на поверхности моря, на основе вертикального движения

водной массы на глубине. В данном случае используется акселерометрический МЭМС датчик для снятия показаний движения.

Поставленные в работе задачи были решены. Проект выполнялся совместно с Научно-исследовательским институтом полупроводниковых приборов (НИИПП) города Томска. Полученные данные и макет прибора могут служить прецедентом для дальнейших исследований в данной области и создании полноценного прибора, с его установкой и внедрением в общую систему управления АНПА.

## 1 Обзор литературы

Многие отрасли деятельности человека связаны с морем: гидростроительство и океанология, морская геология и судостроение, мореплавание и военно-морской флот, поэтому знание параметров морского волнения крайне необходимо для стабильной и безаварийной работы морской техники (в частности АНПА), информирования о погодных условиях и решения других задач.

В настоящее время известно множество способов измерения морского волнения. Однако существует дефицит в средствах измерения волнения. Необходимо отметить, что многие волнографы, особенно в России, разрабатывались в единичных экземплярах в неспециализированных организациях, что явилось причиной затянувшимися на многие годы отсутствием серийного выпуска волноизмерительной аппаратуры в нашей стране.

Устройства, приборы, измерительные комплексы, существующие на данный момент, которые относятся к волноизмерительной аппаратуре, можно классифицировать по следующим признакам:

1. По степени связи с пространством – на фиксирующие состояние поверхности моря и определяющим характеристики волнения в точке за продолжительное время. К первым относятся оптические и радиолокационные методы с коротким временем измерения (не более 2 с). Ко вторым относятся электродные или буйковые волнографы.

2. По степени взаимодействия с водой – на контактные и бесконтактные. К контактными относятся методы измерения ординат волнения с помощью свободно плавающих на поверхности воды буйков, закрепленные на сваях, вехах или корпусе судна электродные приборы, к бесконтактным – лазерные, радиолокационные, оптические методы, позволяющие производить измерения, при которых измерительный преобразователь не контактирует с водой.

3. По принципу размещения – на поплавковые приборы, приборы, размещенные на подвижном объекте, и приборы, установленные на сваях. К поплавковым относят различного рода буи и плавающие вехи, к приборам для подвижных объектов – стереофотоаппараты, приставки к судовым радиолокаторам, спутниковая аппаратура. К свайным приборам можно отнести электродные волнографы.

4. По виду физических явлений, используемых для работы первичных преобразователей – на электродные волнографы, буйковые приборы, альтиметры,

судовые и оптические приборы. К классу альтиметров относится волноизмерительная аппаратура, позволяющая определить неконтактным способом расстояние от некоторого фиксированного уровня до взволнованной поверхности моря. Могут располагаться как на подвижном носителе, так и неподвижном основании.

В настоящее время широкое распространение получили волноизмерительные буи с акселерометрическим или с гидростатическим датчиком. Лидером по производству акселерометрических буйев является голландская компания Datawell BV, чья модель Directional Waverider MkIII является одной из самой известных. Данный прибор измеряет не только величину морского волнения, но и направление набега волн, а также температуру воды. Данные передаются УКВ передатчиком на расстояние до 50 км, либо по спутниковой системе, или сохраняются во внутренней памяти. Диапазоны измерения периода волн лежат в пределах от 1.6 с до 30 с, а высоты волн до 40 м. Применяется автономное питание, которого хватает для 12 – 30 месяцев непрерывных измерений. В качестве измерительного преобразователя используется акселерометр, закрепленный на стабилизирующей платформе, колеблющейся с периодом 40 с., представляющей из себя демпфированный маятник.

Широко известным буйем является также прибор DB4280 норвежской компании Aanderaa Instruments. [1] Данный прибор используется в прибрежных зонах, заливах, портах, вблизи платформ для измерения высоты и периода волнения, скорости и направления течения воды, температуры и других метеорологических параметров. Для передачи данных используется диапазон радиоволн УКВ и, как альтернатива, GSM и спутниковая связь. Для измерения перемещения так же используется двойное интегрирование с частотой 4 Гц. Результатом измерения является среднее значение волны за 10 минут. Диапазон измерения до 10 м ( $\pm 10\%$  точность). Диапазон измерения периода волны – 1 – 30 с. Время измерения 10 – 60 мин.

Российские волноизмерительные буи изготавливаются в намного меньших масштабах и являются скорее единичными заказами, нежели серийным производством. Россия участвует в международном проекте по созданию глобальной сети волномерных буйев АРГО. Но со времени существования проекта (1999г.) к 2004 году было поставлено всего 4 прибора от Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института (ДВНИГМИ). [2]

В отличие от зарубежных коллег Российские разработчики взяли за основу гидростатический датчик давления. Прибор с таким датчиком будет более точно измерять параметры волнения, из-за ряда особенностей конструкции. Датчик напрямую измеряет давление столба жидкости, поэтому требуется всего одна формула для нахождения высоты столба, в отличие от акселерометров, где требуется двойное интегрирование (представляющее из себя довольно сложную математическую операцию, имеющую погрешности, которые необходимо минимизировать) и стабилизационная платформа.

Волноизмерительные буи «Дельфин» и «Нептун» разработаны в России в ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова. Приборы имеют цилиндрические корпуса и гондолу с датчиком давления. Длина кабель-троса составляет 40 м. «Дельфин» позволяет измерять ординату морского волнения в диапазоне длин волн 10 - 74 м, а высотой до 10 м. Прибор «Нептун» измеряет в диапазоне 0.1 – 4 м с длиной 6 – 60 м., а также имеет возможность рассчитывать среднюю длину волны и средний период, бальность волнения и число волн. Информация может отображаться на дисплее. Питание автономное, время измерения 15 минут. Вес 27 кг. Приборы являются узкоспециализированными и используются для испытаний судов.

Однако зарубежные специалисты также развивают волнографы с датчиками давления. К примеру компания американская компания Sea-Bird Electronics разработала прибор SBE 26plus который имеет значительно лучшие характеристики. 26plus проводит измерения давления воды для получения хода уровня вод, неподверженному волновым возмущениям, а также проводит независимые измерения гидростатического давления с частотой до 4 Гц для расчета амплитуды волн. Интервалы и длительность измерения прилива и параметров волнения программируются. Измерения прилива возможны на интервалах от 1 минуты до 12 часов. 26plus может постоянно измерять уровень вод (с датчиком Quartz) или может хранить электропитание, отводя напряжение между интервалами измерений. Данные по температуре записываются в ходе каждой секции измерений. Измерение параметров волнения характеризуется программируемым интервалом измерений, количеством измерений в одной секции и временем осреднения. Время включения и выключения прибора программируется в лаборатории. Значительный объем памяти и низкое энергопотребление позволяют проводить высокочастотные детальные измерения параметров волнения с высоким разрешением. Например, с кварцевым датчиком давления, щелочным комплектом батарей и дополнительным каналом электропроводности можно проводить измерения в течение 445 дней, включая

измерения уровня вод каждые 30 минут и 8-минутные циклы 4 Гц (2048) измерений параметров волнения 8 раз в день; 670-дневные постановки могут быть получены при увеличении цикла до 11 дней. 26plus хранит данные во внутренней памяти, а также поддерживает телеметрию в реальном времени параметров волнения и волновой статистики. Скачивание данных возможно на скорости до 115,200 бод. Обновления прошивки прибора можно устанавливать через последовательную связь без вскрытия прибора. [3]

Основная волноизмерительная аппаратура выполняется в качестве стационарных устройств (буи на поверхности воды), с беспроводными технологиями передачи данных. Однако, относительно мобильные устройства, устанавливаемые непосредственно на подводные аппараты, предназначенные для измерения волн на основе MEMS датчиков, не представлены современными фирмами по производству морского оборудования.

## **2 Объект и методы исследования**

Первостепенной задачей данной работы является создание макета прибора, в возможности которого входят определение и регистрация величины морского волнения на некоторой глубине. Эта величина может быть косвенно рассчитана через значение ускорения при движении водной массы. Для этого используется датчик акселерометр. Его показания обрабатываются устройством, после чего преобразуются в выходные данные. Для решения данной задачи требуется нахождение взаимосвязи глубины погружения прибора и уровня волнения, которая раскрывается в теории линейной волны. В связи с этим необходимо проведение математического моделирования в том числе создание математической модели объекта (прибора), а также проведение натурального эксперимента. Для создания принципиальной схемы устройства используем программу Altium Designer. Программирование микроконтроллера в Atmel Studio. Для отладки программы используем Proteus 8.0.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является макет узкоспециализированного прибора, необходимого для определения уровня волнения моря для находящегося на некоторой глубине автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА). Устройство устанавливается непосредственно в АНПА.

В России существует только одна организация, которой необходимы подобные исследования – это Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМТ ДВО РАН). Именно этот институт занимается разработкой АНПА, которые необходимы для самых разных задач.

### 4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время существует множество аналогов измерителей морского волнения, в основном зарубежных. Рассмотрим два основных варианта технического решения:

1. Волномерный буй (к1);
2. Дистанционное измерение волны радио локационными и другими методами (к2);

С помощью оценочной карты по таблице 2 проведем анализ технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Таблица 2 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Возможность встраивания	0.2	5	1	4	1	0.2	0.8
2. Габаритные размеры	0.2	5	1	4	1	0.2	0.8
3. Точность	0.1	2	4	5	0.2	0.4	0.5
4. Сложность эксплуатации	0.02	5	3	4	0.1	0.06	0.08

5. Обработка данных	0.1	3	5	5	0.3	0.5	0.5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Стоимость изготовления	0.05	5	2	1	0.25	0.1	0.05
2. Конкурентоспособность	0.2	5	3	3	1	0.6	0.6
3. Послепродажное обслуживание	0.1	5	3	5	0.5	0.3	0.5
3. стоимость эксплуатации	0.13	5	4	5	0.65	0.52	0.65
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>5</b>	<b>2.88</b>	<b>4.48</b>

Анализ технических решений определяется по формуле:

$$K_i = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$\text{Б}_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Анализ технических решений показал, что данная разработка имеет более высокую конкурентоспособность, по сравнению с уже существующими техническими решениями.

#### 4.3 FAST – анализ

Объектом исследования является прибор для измерения морского волнения, находящимся на некоторой глубине на подводном аппарате. Главной функцией (1) объекта является нахождение величины морского волнения. К основной функции (2) относится измерение глубинного волнения. Вспомогательные функции (3) – обработка данных, питание прибора. Приведем в таблице 3 классификацию функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 3 - Классификация функций объекта

Наименование детали (узла, процесса)	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			1	2	3
1. Акселерометр	1	Преобразование ускорения в цифровой код		X	
2. Микроконтроллер	1	Главный элемент прибора, выполняющий обработку полученных данных, инициализирующий работу датчика.	X		
3. Преобразователь USB-UART	1	Узел, позволяющий осуществлять настройку прибора с			X

		использованием компьютера			
4. Микросхема часов реального времени	1	Ведет отсчет времени			X
5. Карта памяти	1	Хранит данные			X
6. Система питания	1	Осуществляет питание прибора.			X
7. Плата	1	Является основой для крепления и связи элементов			X

Далее определим значимость выполняемых функций объектом. Для этого необходимо построить матрицу смежности функций (таблица 4).

Таблица 4

Функ. \ Функ.	1	2	3	4	5	6	7	Итого
1	1	1	0.5	1	1	0.5	1	6
2	1	1	1.5	1.5	1.5	0.5	1	8
3	1.5	0.5	1	1	1.5	1	1	7.5
4	1	0.5	1	1	1	0.5	1	6
5	1	0.5	0.5	1	1	0.5	1	5.5
6	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1	9
7	1	1	1	1	1	1	1	7
								<b><math>\Sigma=49</math></b>

Определим значимости функций делением частного итога по функции на общую сумму. Результаты в таблице 5.

Таблица 5

Функция	Значимость
1	0.122
2	0.163
3	0.153
4	0.122
5	0.112
6	0.184
7	0.142

Проведем анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования в таблице 6. Оклад работника за месяц составляет 14 584.32 руб. За час с учетом РК 30% 112.9 руб.

Таблица 6

Наименование детали	К <sub>д</sub>	Н <sub>р</sub> , шт	Т <sub>р</sub> , нормо-ч	С <sub>м</sub> , руб.
1. Акселерометр	1	1	1	350
2. Микроконтроллер	1	1	0.3	300
3. Преобразователь USB-UART	1	1	1.5	200
4. Микросхема часов реального времени	1	1	0.2	170
5. Карта памяти	1	1	0.2	400
6. Система питания	1	1	1	500
7. Плата	1	1	2	20
				Σ=1940

где К<sub>д</sub> – количество деталей на узел;  
Н<sub>р</sub> – норма расхода;  
Т<sub>р</sub> – трудоемкость детали, нормо-ч;  
С<sub>м</sub> – стоимость материала;  
З<sub>п</sub> – заработная плата;  
С<sub>с</sub> – себестоимость;

#### 4.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

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

Таблица 7

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический задел	3	2
2. Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7. Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8. Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9. Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10. Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11. Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1

12. Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13. Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14. Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
<b>Итого</b>	<b>28</b>	<b>29</b>

По данным в таблице 7 можно сделать выводы, что перспективность данной разработки к коммерциализации ниже среднего. Необходима большая проработка теоретических вопросов и привлечение специалистов в области морских технологий.

#### 4.5 Инициация проекта

##### Устав проекта

Устав проекта документирует бизнес потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать. Отображен в таблицах 8, 9, 10.

Таблица 8 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
ПАО "НИИПП" Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов	Изготовление макета устройства, частично реализующего необходимые функции
ИПМТ ДВО РАН – Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук	Изготовление макета устройства, частично реализующего необходимые функции

Таблица 9 - Цели и результат проекта

<b>Цели проекта</b>	Освоение новых методов определения величины
---------------------	---

	морского волнения, для АНПА, в частности с использованием МЭМС датчика акселерометра. Изготовление макета устройства.
<b>Ожидаемые результаты</b>	Создание макета устройства меньших размеров чем аналоги, с малым потреблением питания.
<b>Критерии приемки результатов</b>	Выдача данных макетом устройства, длительный срок работы без подзаряда, возможность и простота обработки данных
<b>Требования к результату проекта</b>	Работоспособность макета
	Устойчивость к электромагнитным помехам
	Возможность настройки через ПК
	Возможность встраивания

Таблица 10 - Рабочая группа проекта

<b>ФИО, место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудозатраты, норма-ч.</b>
Тимофеев Владислав Юрьевич, НИИПП, техник конструктор	Исполнитель проекта	Обзор литературы и существующих аналогов, проектирование и изготовление макета	180
Шашев Дмитрий Вадимович, НИИПП, ассистент	Руководитель проекта	Обеспечение необходимыми материальными средствами и рабочим местом, консультации по возникающим вопросам	25
Юрченко Василий Иванович, НИИПП, начальник отдела	Заказчик проекта	Укрупненный анализ проектов по показателям сроков, освоению затрат и финансированию	3
<b>Итого:</b>			<b>208</b>

Таблица 11 - Ограничения и допущения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет	До 3000 руб.
Знания разработчика	Последующая обработка данных совершается пользователем вручную, настройка через специальные программы
Дата завершения проекта	До 1.06.2015

#### 4.6 Планирование управления научно-техническим проектом

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

Приведем иерархическую структуру работ на рисунке 18.

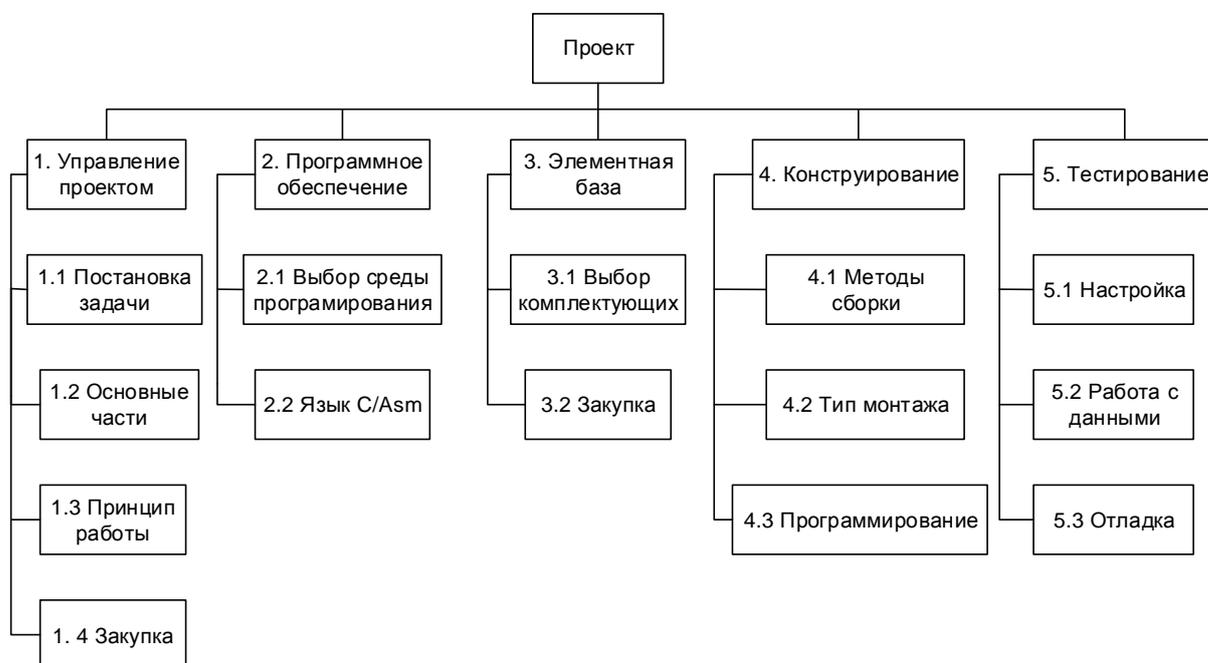


Рисунок 18 – Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего 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 12 - Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (документ)
---------------------	------	----------------------

Определить принцип действия устройства	1.12.15	Отчет
Определить основные части устройства	1.02.16	Структурная схема
Закупка элементов	24.02.16	
Полный состав устройства	25.02.16	Принципиальная схема
Работающий макет	20.03.16	

### План проекта

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

Таблица 13 - Календарный план проекта

№	Название	Длительность, дни	Начало работ	Окончание работ	Участники
1.1	Постановка задачи	16	15.11.15	1.12.15	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В. Юрченко А.В.
1.2	Определение основных частей устройства	20	1.12.16	20.12.16	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В.
1.4	Закупка элементов	14	10.02.16	24.02.16	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В.
2.	Написание программы	67	20.12.16	10.02.16	Тимофеев В.Ю.
4.	Сборка и программирование	24	25.02.16	20.03.16	Тимофеев В.Ю.
5.	Тестирование, настройка, отладка	56	20.03	15.05.16	Тимофеев В.Ю.
	<b>Итого:</b>	<b>183</b>			

### Календарный план-график проведения НИОКР по проекту

Таблица 14

№	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. д.	Продолжительность выполнения работ																				
				Ноя.			Дек.			Янв.			Фев.			Март			Апр.			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1	Постановка задачи	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В. Юрченко А.В.	16																					
1.2	Определение основных частей устройства	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В.	20																					
1.4	Закупка элементов	Тимофеев В.Ю. Шашев Д.В.	14																					
2.	Написание программы	Тимофеев В.Ю.	67																					
4.	Сборка и программирование	Тимофеев В.Ю.	24																					
5.	Тестирование, настройка, отладка	Тимофеев В.Ю.	56																					

## Группировка затрат по статьям

Таблица 15

Вид раб.	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты, руб	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, руб	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб	Научные и производственные командировки, руб	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями, руб	Прочие прямые расходы, руб	Накладные расходы, руб	Итого плановая себестоимость, руб
1	1940 руб.	738.16 руб.	148361.4	14836.14	48959.28	0	0		163197	165875.6

#### 4.7 Бюджет научного исследования

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

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ будет произведен в виде амортизационных отчислений по формуле (5)

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования оборудования по формуле:

(5)

$$C_{AM} = \sum_{i=1}^N \frac{H_a C_{об}}{F_d} \cdot t_{BT} \cdot n$$

Где  $H_a$  – годовая норма амортизации (25%)

$C_{об}$  – цена оборудования,

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени (2070 ч.)

$t_{BT}$  – время работы техники при создании программного продукта

$n$  – число задействованных приборов.

В ходе исследования использовали:

1. ЭВМ -  $C_{об}=30$  т.р.,  $t_{BT} = 200$  ч.;
2. Мультиметр -  $C_{об}=1500$  р.,  $t_{BT} = 30$  ч.;
3. Паяльная станция -  $C_{об}=2600$  р.,  $t_{BT} = 20$  ч.;
4. Фен для пайки -  $C_{об}=3000$  р.,  $t_{BT} = 5$  ч.;

$C_{AM} = 738.16$  руб.

##### Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Таблица 16

Наименование детали	Название	К <sub>д</sub>	Цена за единицу, руб
1. Акселерометр	LIS3DHTR	1	350
2. Микроконтроллер	ATmega32A	1	300
3. Преобразователь USB-UART	FT232BL	1	200
4. Микросхема часов реального времени	DS-1337Z	1	170

5. Карта памяти	MicroSD	1	400
6. Система питания		1	500
7. Плата	текстолит двусторонний	1	20
<b>Итого:</b>	<b>1940 руб.</b>		

### Основная заработная плата

Рассчитывается по следующим формулам:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (6)$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (7)$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}} \quad (8)$$

$$Z_{м} = Z_{б} \cdot (k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} \quad (9)$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

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

$Z_{доп}$  - дополнительная заработная плата;

$T_{раб}$  - продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  - средневзвешенная заработная плата работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$Z_{б}$  – базовый оклад (Тимофеев В.Ю. – 14874.45 руб., Шашев Д.В. – 17757.15 руб., Юрченко В.И. – 35262.32 руб.);

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент (1);

$k_{д}$  – добавочный коэффициент (1);

$k_{р}$  – районный коэффициент (1.3);

$k_{доп}$  – дополнительный коэффициент (0.1);

## Баланс рабочего времени

Таблица 17

Показатели рабочего времени	Тимофеев В.Ю.	Шашев Д.В.	Юрченко В.И.
Количество календарных дней	183	50	16
Нерабочие дни	65	12	4
Рабочие дни	118	38	12

## Расчёт основной заработной платы

Таблица 18

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Тимофеев В.Ю.	14874.45	19336.79	773.47	118	91269.63
Шашев Д.В.	17757.15	23084.30	923.37	38	35088.13
Юрченко А.В.	35262.32	45541.02	1833.64	12	22003.69

## Заработная плата исполнителей НТИ

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы: 1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад З<sub>б</sub> определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия. 2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. 3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица 19

Заработная плата	Тимофеев В.Ю.	Шашев Д.В.	Юрченко В.И.
Основная, руб	91269.63	35088.13	22003.69
Дополнительная, руб	9126.96	3508.81	2200.37
Общая, руб	100396.69	38596.94	24204.06

## Отчисления на социальные нужды

Рассчитываются по формуле 11

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot C_{\text{зп}}$$

$k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (0.3)

### Накладные расходы

Рассчитываются по формуле 12

(12)

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot C_{зп}$$

$k_{внеб}$  - коэффициент накладных расходов (1)

### 4.8 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

#### Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Таблица 18

Критерии	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.15	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.25	4	4	4
3. Помехоустойчивость	0.20	4	3	3
4. Энергосбережение	0.15	5	3	3
5. Надежность	0.15	4	2	3
6. Материалоемкость	0.1	5	3	4

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

(13)

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

Где  $\Phi_{pi}$  стоимость i-го варианта исполнения

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

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

(14)

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

(15)

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a$$

Где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

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

$n$  – число параметров сравнения

$$I_m^p = 3.94$$

$$I_m^{a1} = 3.15$$

$$I_m^{a2} = 3.5$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам:

(16)

$$I_{\text{финир}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}$$

(17)

$$I_{\text{финир}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

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

(18)

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финир}}^p}{I_{\text{финир}}^a}$$

## Сравнительная эффективность разработки

Таблица 19

Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0.75	0.37	0.2
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3.94	3.15	3.5
Интегральный показатель эффективности	5.25	8.51	17.5
Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1.62	3.33

По результатам анализа текущий проект эффективнее аналога 1 в 1.62 раза,  
а по сравнению с аналогом 2 в 3.33 раза.

**Приложение Д  
(рекомендуемое)**

**Список публикаций студента**

1. VI Всероссийская научно-практической конференция студентов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», 23 мая–27 мая 2016 г. Доклад по теме «Системы измерения параметров волнения для подводных аппаратов». НИ ТПУ.

2. VII Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии» с международным участием, 25-28 мая 2016 года. Доклад по теме «Системы измерения параметров волнения для подводных аппаратов». НИ ТГУ.

3. Тимофеев В. Ю. Разработка логгера ускорений [Электронный ресурс] // *Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»*. В 2 т., Томск, 26-30 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 370-373.

4. Тимофеев В.Ю. ЛОГГЕР УСКОРЕНИЙ// Сборник докладов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых/ Сборник трудов в 3-х томах. Т. 1. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 147-149.

5. Тимофеев В.Ю. «RUNGLISH» AS THE RESULT OF RUSSIAN INTERFERENCE ON ENGLISH LANGUAGE// XI Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Коммуникативные аспекты языка и культуры» / Сборник трудов в 3-х частях. Ч. 3. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 83-86.

6. Тимофеев В.Ю. SOME PECULIARITIES AND DIFFICULTIES OF LEWIS CARROL LITERARY WORKS TRANSLATIONS// XII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Коммуникативные аспекты языка и культуры» / Сборник трудов в 3-х частях. Ч. 3. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – С. 184-186.