

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

Институт Международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

УДК 681.586.7-045.79:629.73.05:531.768

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Ма Юнъянь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калиниченко А.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Кырмакова О.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Физические методы и приборы контроля качества	Суржиков А.П.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для выбор, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10); ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	Участвовать в применять, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ПК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Р4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	Универсальные компетенции	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт Международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ФМПК
_____ Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151Б20	Ма Юньтянь

Тема работы:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.03.2016 №.1862/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам;</i>	<ul style="list-style-type: none">– Вибростенд ЕТ-139 с измерительным комплексом К-5201 и акселерометрами типа АР2037.– Анализатор спектра вибрации 795М с акселерометром и ПО «Конспект».– ГОСТ ИСО 5348-2002 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров.– ГОСТ Р ИСО 13373-1-2009 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 1. Общие методы.
--	--

<i>экономический анализ и т.д.).</i>	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i>	Цель работы: количественная оценка влияния способов крепления датчика вибрации на спектральные характеристики виброакустических сигналов полученных с пьезоэлектрических акселерометров. 1. Аналитический обзор по литературным источникам и нормативно-техническим документам, затрагивающих вопросы способов крепления датчиков вибрации на объекте контроля. 2. Исследование влияния способов крепления на работу пьезоэлектрических акселерометров. 3. Оценка влияния способов крепления датчиков вибрации на спектральные характеристики виброакустических сигналов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в Microsoft PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В. Ю
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
	-
	-

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.16
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Калиниченко Алексей Николаевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Ма Юнтьянь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 69 с., 18 рис., 10 табл., 16 источников.

Ключевые слова: вибродиагностика, акселерометр, способ крепления, амплитудно-частотная характеристика, сигнал.

Объектом исследования являются способы крепления датчиков вибрации: при помощи шпильки, постоянного магнита, этилцианакрилового клея, двухсторонних клейких лент и пчелиного воска. Датчики вибрации закрепляются на стальной пластине.

Цель работы – оценка влияния способов крепления датчика вибрации на спектральные характеристики виброакустических сигналов полученных с пьезоэлектрических акселерометров.

В процессе исследования измерены амплитудно-частотные характеристики различных способов крепления датчиков вибрации в полосе частот от 0 до 5000 Гц.

В результате исследования проведен сравнительный анализ полученных амплитудно-частотных характеристик с аналогичными характеристиками из нормативных документов, а так же установлены численные значения рабочих частотных диапазонов для различных способов крепления.

Результаты данного исследования могут быть востребованы в области вибродиагностического метода неразрушающего контроля.

Оглавление

Введение	8
1. Измерение механических колебаний	10
1.1 Причины и цели измерений механических колебаний	10
1.2 Природа механических колебаний	12
1.3 Параметры механических колебаний	13
1.4 Количественное выражение амплитуд механических колебаний	13
1.5 Принцип действия пьезоэлектрического акселерометра	15
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
5.1. Составление перечня работ	49
5.2. Определение трудоемкости работ	50
5.3 Построение графика работ	55
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	58
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.	63
Заключение	66

Введение

В настоящее время виброакустический метод контроля является одним из самых малоизученных методов неразрушающего контроля. Принципы виброакустического контроля и диагностики опираются в основном на статистические исследования, а нормативная документация не располагает исчерпывающим количеством конкретных численных данных.

Одной из наиболее часто встречающихся процедур в процессе контроля является присоединение и отсоединение датчиков вибрации, поэтому вопрос о выборе способа крепления датчика вибрации на объекте контроля остаётся актуальным на сегодняшний день. В основных государственных стандартах [1] и [2], затрагивающих вопросы способов крепления акселерометров, отсутствуют какие-либо конкретные численные сведения о рабочих частотных и динамических диапазонах акселерометров при различных способах крепления, марках стали объекта контроля, влиянии температур, предельно допустимых перегрузках акселерометра и т.д.

Некоторые способы крепления, например крепление при помощи хомута, не являются стандартными и не зафиксированы в документах [1] и [2], однако широко применяются на практике, в то время как конструктивно сложный вакуумный способ крепления является стандартным. Описание данного способа крепления в [1] отсутствует (имеется только чертёж конструкции без каких-либо пояснений принципа работы и типичных частотных характеристик акселерометров, закрепленных подобным образом). При способе крепления на постоянный магнит указания о минимальной толщине стенки объекта контроля, материале и силе магнита отсутствуют.

Объектом исследования являются способы крепления пьезоэлектрических акселерометров на стальной пластине, имитирующей объект контроля. В качестве исследуемых способов крепления выбраны:

крепление при помощи шпильки, постоянного магнита, этилцианакрилового клея, двухсторонних клейких лент и пчелиного воска.

Целью данной работы является оценка влияния способов крепления датчика вибрации на спектральные характеристики виброакустических сигналов полученных с пьезоэлектрических акселерометров.

В качестве предметов исследования выделено три задачи:

- анализ литературы и нормативно-технической документации, затрагивающей вопросы способов крепления датчиков вибрации на объекте контроля;
- исследование влияния способов крепления на работу пьезоэлектрических акселерометров;
- оценка влияния способов крепления датчика вибрации на спектральные характеристики виброакустических сигналов.

В ходе исследования получены экспериментальные амплитудно-частотные характеристики для каждого из способов крепления и проведен сравнительный анализ полученных характеристик со стандартными характеристиками.

Также в ходе эксперимента будут установлены численные значения рабочих частотных диапазонов при нагрузках на акселерометр, равных 50 м/с^2 . Дополнительно для способа крепления на постоянный магнит, будет проведено исследование влияния наличия лакокрасочного покрытия на качество получаемых сигналов.

1 Измерение механических колебаний

В связи с быстрым развитием современной техники в последнее время возросли и усложнились проблемы, обуславливаемые механическими колебаниями все более сложных и деликатных конструкций и все более быстродействующего и эффективного машинного и другого оборудования. Дальнейшему усложнению этих проблем содействуют возрастающие требования к снижению издержек и к повышению производительности и эффективности. Высокоактуальными также являются вопросы влияния шума и вибрации на организм человека и на качество и срок службы разного рода изделий. Аналогичным образом возросли и требования к пониманию причин возникновения механических колебаний и к исследованиям динамических характеристик находящихся под воздействием колебательных сил конструкций.

Основным условием приобретения нужных знаний в области виброметрии является применение универсального, надежного и точного вибродатчика, используемого вместе с эффективной измерительной, анализирующей и регистрирующей аппаратурой.

Пьезоэлектрический акселерометр является оптимальным вибродатчиком. Современная высококачественная и эффективная аппаратура дает возможность полного использования преимуществ пьезоэлектрического акселерометра и присущих последнему широких рабочих динамического и частотного диапазонов.

1.1 Причины и цели измерений механических колебаний

Причины и цели измерений механических колебаний многообразны. Механические колебания в большинстве случаев нежелательны и часто являются причиной шума, механических напряжений, деформации и даже разрушения материалов и/или конструкций. Главные области, в которых осуществляются измерения, анализ и регистрация механических колебаний, описываются ниже.

Виброиспытания, осуществляемые в связи с другими климатическими испытаниями или в процессе конструирования и разработки изделий, способствуют оценке стойкости материалов и конструкций. Исследуемый материал, деталь, узел или конструкция при виброиспытаниях подвергается воздействию создаваемых вибростендом механических колебаний с точно определенными параметрами (амплитудой, частотой и др.). В ходе таких испытаний обычно сохраняется фиксированная амплитуда механических колебаний, частота которых изменяется в заданных пределах. Рядом с вибростендом в состав соответствующих виброиспытательных систем входят управляющий генератор и акселерометр, используемый в цепи обратной связи и отдающий пропорциональный механическим колебаниям испытуемого объекта сигнал. Другой акселерометр, механически соединенный с испытуемым объектом, отдает сигнал, отображающий отклик последнего и способствующий определению амплитудно-частотной характеристики и других динамических параметров испытуемого объекта.

Контроль состояния машинного и другого оборудования и диагностирование неисправностей и дефектов. Результаты несложных измерений амплитуд механических колебаний машины или другого оборудования могут сигнализировать об ухудшении состояния последнего и о возможных неполадках. Однако, более подробную и надежную информацию можно получить путем частотного анализа создаваемых контролируемым оборудованием механических колебаний. Современные методы контроля состояния машинного и другого оборудования основываются на определении опорного частотного спектра механических колебаний работающего надежно оборудования и на мониторинге изменений соответствующих спектров, регистрируемых через определенные временные интервалы при нормальной эксплуатации контролируемого оборудования. Изменения составляющих этих спектров, в частности превышение присущих составляющим опорного спектра амплитуд, указывают на ухудшение состояния контролируемого оборудования и способствуют выявлению соответствующих тенденций и предсказанию

надобности технического обслуживания или даже ремонта этого оборудования. Результаты частотного анализа механических колебаний также ценны при выявлении неисправностей и их причин и при диагностировании дефектов оборудования.

Измерения механических колебаний также широко используются в промышленности, в частности при балансировке деталей оборудования вращательного действия (например, роторов, валов и др.). Нарушение равновесия и дисбаланс деталей обуславливают увеличение амплитуд механических колебаний и приводят к усталости материалов и к разрушению других деталей и узлов, например, подшипников и др.

1.2 Природа механических колебаний

Вибрацией называются механические колебания тела, т.е. колебательное движение последнего относительно опорного положения равновесия. Причиной механических колебаний является передача и/или накопление энергии в результате действия одной или нескольких сил. Нежелательная вибрация часто вызвана полезным действием разного рода сил и ее нельзя совершенно исключить.

Механические колебания можно рассматривать во временной области, в которой самой важной является зависимость их амплитуд от времени (временное развитие). Зависимость амплитуд механических колебаний от времени может быть или детерминированной, т.е. поддающейся описанию математическими выражениями, или стохастической, т.е. допускающей описание статистическими функциями. Физической характеристикой механических колебаний в частотной области является распределение их амплитуд по частоте, т.е. их частотный спектр. Характеристики механических колебаний в этих двух областях связаны математически друг с другом. Эта связь описана преобразованием Фурье.

В отличие от других вибродатчиков пьезоэлектрические акселерометры эффективны при измерениях всех видов механических колебаний, независимо

от присущих последним характеристик во временной и частотной областях. Однако, рабочие динамический и частотный диапазоны используемого акселерометра должны соответствовать диапазонам амплитуд и частот измеряемых механических колебаний. С другой стороны, в широком ассортименте пьезоэлектрических акселерометров всегда можно найти датчик, параметры и характеристики которого удовлетворят требованиям, предъявляемые определенной областью измерения механических колебаний и/или определенными условиями эксплуатации.

1.3 Параметры механических колебаний

Пьезоэлектрический акселерометр отдает электрический сигнал, пропорциональный ускорению действующих на него механических колебаний. Пропорциональный ускорению сигнал можно путем интегрирования преобразовать в сигнал, пропорциональный скорости механических колебаний. Путем двукратного интегрирования пропорционального ускорению сигнала получается сигнал, пропорциональный перемещению действующих на акселерометр механических колебаний. Возможность осуществляемого электронным путем интегрирования выходного сигнала относится к преимуществам пьезоэлектрического акселерометра.

1.4 Количественное выражение амплитуд механических колебаний

Для количественного выражения амплитуд механических колебаний во временной области можно использовать различные значения. Этим значениям придаются соответствующие учитываемым параметрам механических колебаний единицы, например, m/s^2 , g, м/с и др.

На рис. 1 показана самая простая зависимость амплитуды механических колебаний от времени, т.е. периодические колебания с синусоидальной формой волны. Частицы вибрирующего твердого тела в соответствующем случае совершают колебательное движение вокруг исходного положения, причем идентичные амплитуды повторяются через фиксированные интервалы времени.

Соответствующий временной интервал называется периодом. Отметим, что отображающая зависимость амплитуды колебаний от времени функция имеет вид синусоиды.

Можно доказать, что как ускорение, так и скорость и перемещение синусоидальных механических колебаний имеют синусоидальную форму волны и идентичный период. Однако, соответствующие синусоиды сдвинуты по фазе друг относительно друга.

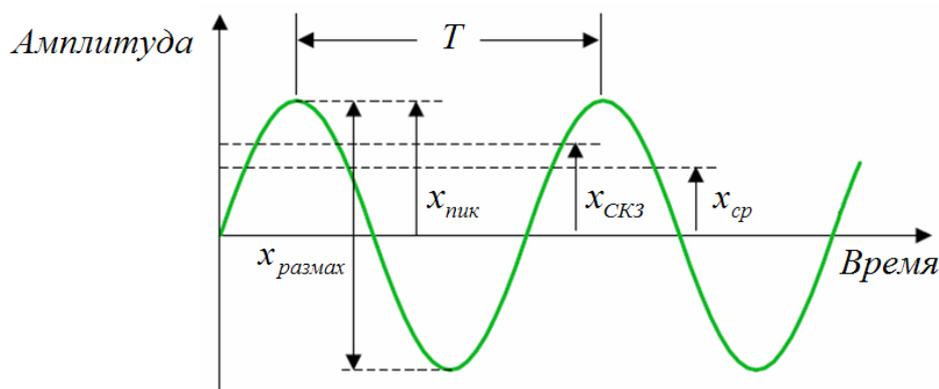


Рисунок 1 – Кривая формы волны и параметры синусоидальных механических колебаний. Относящиеся к амплитуде значения могут быть значениями ускорения, скорости или перемещения

Для количественного выражения амплитуды показанного на рис. 1 и отображающего механические колебания сигнала можно использовать описанные ниже значения.

Среднеквадратичное (эффективное) значение (СКЗ) является самым важным значением, так как оно в виде квадратного корня из усредненных по времени возведенных в квадрат мгновенных значений связано с энергией и, следовательно, с разрушающей способностью механических колебаний. Отметим, что СКЗ синусоидальных колебаний равно умноженному на $\sqrt{2}$ пиковому значению этих колебаний.

Пиковое значение является максимальным значением механических колебаний, учитываемым именно при количественной оценке кратковременных

механических ударов. Нужно подчеркнуть, что пиковое значение вообще не отображает временное развитие механических колебаний.

Двойная амплитуда (размах) используется при количественной оценке перемещения механических колебаний, но находит лишь ограниченное применение.

Среднее значение связано с временным развитием механических колебаний, но его практическое применение ограничено ввиду того, что оно не имеет непосредственной связи ни с одной физической величиной этих колебаний.

1.5 Принцип действия пьезоэлектрического акселерометра

На рис. 2 показана упрощенная и содержащая лишь основные элементы модель акселерометра. Активные элементы этого акселерометра, изготовленные из пьезоэлектрического материала, выполняют роль пружин, обеспечивающих механическую связь между соединенной с основанием стойкой треугольного сечения и тремя сейсмическими (инерционными) массами. Воздействующие на основание акселерометра механические колебания приводят к тому, что на каждый пьезоэлемент действует динамическая сила, равная произведению ускорения сейсмической массы на соответствующую массу. Отдельные пьезоэлементы генерируют электрический заряд, пропорциональный действующей на них динамической силе. Сейсмические массы акселерометра вообще не изменяются и, следовательно, имеющийся на электродах пьезоэлементов электрический заряд пропорционален ускорению этих масс. Поскольку амплитуда и фаза ускорения сейсмических масс в широком частотном диапазоне идентична амплитуде и фазе ускорения основания акселерометра, отдаваемый последним общий электрический заряд пропорционален ускорению его основания и, следовательно, ускорению механических колебаний поверхности объекта, на котором акселерометр закреплен.

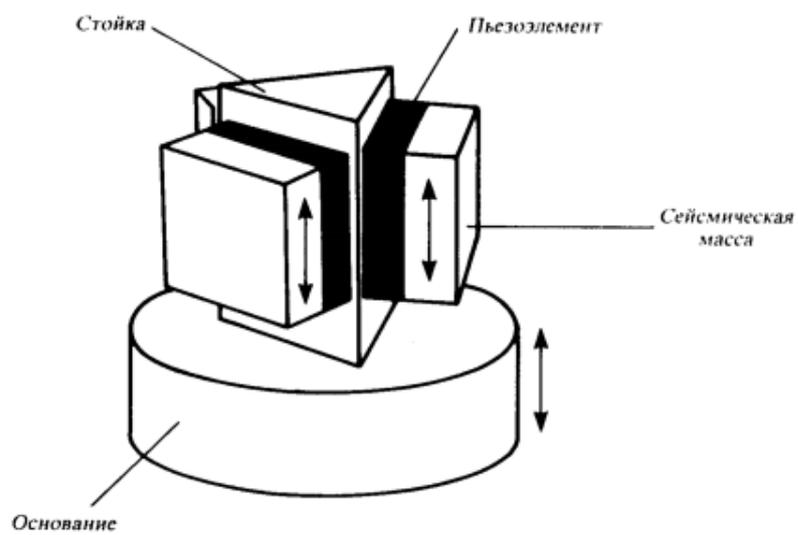


Рисунок 2 – Упрощенная модель пьезоэлектрического акселерометра

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

Студенту:

Группа	ФИО		
151Б20	Ма Юньтянь		
Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	бакалавр	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 проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, определение возможных альтернатив проведения научных исследований		
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, расчет бюджета		
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта		
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):			
1. Сегментирование рынка 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 3. Морфологическая матрица 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ			
Дата выдачи задания по линейному графику			

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Ма Юньтянь		

Томск-2016 г.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Составление перечня работ

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Поэтому необходимо составить перечень этапов и работ по выполнению НИР или ОКР,

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 2:

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель Студент-дипломник,
	3	Выбор варианта исследования и способов	Научный руководитель

		анализа	
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов, обоснований разработка моделей для исследования и анализ получаемого результата	Руководитель, консультант, студент-дипломник
	6	Реализация моделей	Студент-дипломник
	7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководитель, консультант, Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	студент-дипломник, консультант
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, консультант, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

5.2. Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (2.1)$$

где $t_{ожі}$ $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

работа 1:

$$t_{ож1} t_{ож1} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 16}{5} \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 16}{5} = 10$$

работа 2:

$$t_{ож2} t_{ож2} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 14 + 2 \cdot 28}{5} \frac{3 \cdot 14 + 2 \cdot 28}{5} = 19.6$$

работа 3:

$$t_{ож3} t_{ож3} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 10}{5} \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 10}{5} = 5$$

работа 4:

$$t_{ож4} t_{ож4} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3.8$$

работа 5:

$$t_{ож5} t_{ож5} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 20 + 2 \cdot 27}{5} \frac{3 \cdot 20 + 2 \cdot 27}{5} = 22.8$$

работа 6:

$$t_{ож6} t_{ож6} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 15}{5} \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 15}{5} = 12$$

работа 7:

$$t_{ож7} t_{ож7} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 11}{5} \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 11}{5} = 9.2$$

работа 8:

$$t_{ож8} t_{ож8} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 10}{5} \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 10}{5} = 6.4$$

работа 9:

$$t_{ож9} t_{ож9} = \frac{3t_{мини}+2t_{маxi}}{5} \frac{3t_{мини}+2t_{маxi}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} = 5.2$$

работа 10:

$$t_{ож10} t_{ож10} = \frac{3t_{мини}+2t_{маxi}}{5} \frac{3t_{мини}+2t_{маxi}}{5} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 12}{5} \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 12}{5} = 9,6$$

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} T_{pi} = \frac{t_{ожi} t_{ожi}}{Ч_i Ч_i}, \quad (2.2)$$

где $T_{pi} T_{pi}$ - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi} t_{ожi}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

работа 1:

$$T_{p1} T_{p1} = \frac{t_{ож1} t_{ож1}}{Ч_i Ч_i} = \frac{1010}{1 \cdot 1} = 10$$

работа 2:

$$T_{p2} T_{p2} = \frac{t_{ож2} t_{ож2}}{Ч_i Ч_i} = \frac{19.619.6}{2 \cdot 2} = 9.8$$

работа 3:

$$T_{p3} T_{p3} = \frac{t_{ож3} t_{ож3}}{Ч_i Ч_i} = \frac{4,24,2}{1 \cdot 1} = 4,2$$

работа 4:

$$T_{p4} T_{p4} = \frac{t_{ож4} t_{ож4}}{Ч_i Ч_i} = \frac{55}{11} = 5$$

работа 5:

$$T_{p5} T_{p5} = \frac{t_{ож5} t_{ож5}}{Ч_i Ч_i} = \frac{22.822.8}{3 \cdot 3} = 7.6$$

работа 6:

$$T_{p6} T_{p6} = \frac{t_{ож6} t_{ож6}}{Ч_i Ч_i} = \frac{1212}{1 \cdot 1} = 12$$

работа 7:

$$T_{p7} T_{p7} = \frac{t_{ож7} t_{ож7}}{Ч_i Ч_i} = \frac{9,29,2}{3 \cdot 3} = 3.1$$

работа 8:

$$T_{p8} T_{p8} = \frac{t_{ож8} t_{ож8}}{ч_i ч_i} = \frac{6.46.4}{2 2} = 3.2$$

работа 9:

$$T_{p9} T_{p9} = \frac{t_{ож9} t_{ож9}}{ч_i ч_i} = \frac{5.25.2}{3 3} = 1,7$$

работа 10:

$$T_{p10} T_{p10} = \frac{t_{ож10} t_{ож10}}{ч_i ч_i} = \frac{9.69.6}{1 1} = 9,6$$

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} T_{ki} = T_{pi} T_{pi} \cdot k \quad (2.3)$$

где $T_{ki} T_{ki}$ - продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

$T_{pi} T_{pi}$ - продолжительность одной работы, раб. дн. ;

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг} T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд} T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (2.4)$$

где $T_{кг} T_{кг}$ - количество календарных дней в году;

$T_{вд} T_{вд}$ - количество выходных дней в году;

$T_{пд} T_{пд}$ - количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг} T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд} T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365 365}{365 - 52 - 14 365 - 52 - 14} = 1,22,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ $T_k T_k$ нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.2.

Таблица 3 – Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} t_{min} чел- дн	t_{max} t_{max} чел- -дн	$t_{ож}$ $t_{ож}$ чел- дн	T_p T_p р аб- дн	T_k T_k ка л-дн	U_i U_i , %	Γ_i Γ_i , %
1	Научный руководитель	6	16	10	10	15	15.15	15.15
2	Научный руководитель, Студент-дипломник	14	28	19.6	9.8	15	15.15	30.30
3	Научный руководитель	2	10	5	5	7	7,07	37.37
4	Научный руководитель	3	5	3.8	3.8	6	6.06	43.43
5	Руководитель, консультант, студент-дипломник	20	27	22.8	7.6	11	11.11	54.54
6	Студент-дипломник,	10	15	12	12	18	18.18	72.72
7	Руководитель, консультант, студент-дипломник,	8	11	9.2	3.1	5	5.05	77.77
8	Студент-Дипломник консультант,	4	10	6.4	3.2	5	5.05	82.82

9	Руководитель, консультант, студент- дипломник	4	7	5.2	1.7	3	3.03	85.85
10	Студент- дипломник,	8	12	9.6	9.6	14	14.14	100,00
ИТОГО						99	\	

5.3 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 4.3 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4. Календарный план проведения НИР

Этап	Вид работы	Исполнитель	t_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	15					



- научный руководитель;



- консультант;



- студент-дипломник.

5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M Z_M = (1 + K_T K_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \sum_{i=1}^m C_i N_{расхi} N_{расхi}, \quad (4.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi} N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 , m^3 и т.д.);

$C_i C_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

$K_T K_T$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 5 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Бумага	лист	100	1	115
Ручка	шт.	1	25	28.75
Тетрадь	шт.	1	50	57.5
Плата	шт.	2	420	966
датчик	шт.	8	1000	8000
Операционный усилитель	шт.	2	47	108.1
воск	шт.	3	30	90
Переключатель	шт.	2	17	39.1
Проводник	шт.	8	2	18.4
Супер клей	шт.	1	110	110
скоч	шт.	2	60	124,5
Разъем	шт.	1	2	2.3
Итого				9659,65

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В моей работе используются источник питания, паяльник и осциллограф. Затраты на них может считаться в составе накладных расходов. Следовательно, считаем, что нет затрата на специальное оборудование для научных работ.

5.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл.4.3.

Считается:

Заработная плата руководителя: 1.4 тыс. руб./ дн;

Заработная плата студент-дипломника: 0.3 тыс. руб./ дн;

Заработная плата консультанта: 1 тыс. руб./ дн.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

№. п/п	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	15	1.4	21
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель Студент-дипломник,	15	1.7	25.5
3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель	7	1.4	9.8
4	Календарное планирование работ	Научный руководитель	6	1.4	8.4
5	Проведение теоретических расчетов, обоснований разработка моделей для	Руководитель, консультант, студент-дипломник	11	2.7	29.7

	исследования и анализ получаемого результата				
6	Реализация моделей	Студент- дипломник	18	0.3	5.4
7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководите ль, консультант , Студент- дипломник	5	2.7	13.5
8	Анализ полученных результатов, выводы	студент- дипломник, консультант	5	1.3	6.5
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководите ль, консультант , студент- дипломник	3	2.7	8.1
10	Составление пояснительной записки	Студент- дипломник	14	0.3	4.2
Итого					132.1

$$Z_{\text{зн}} Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} Z_{\text{доп}}, \quad (4.3)$$

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

$Z_{\text{доп}} Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}} Z_{\text{осн}}$).

5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} Z_{\text{доп}}), \quad (4.4)$$

где $K_{\text{внеб}} K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Таблица 7. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель проекта	34000	5100
Студент-дипломник	9000	1125
консультант	30000	4200
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.3	
Итого, руб	25027.5	

5.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей} \sum \text{статей}) \cdot K_{\text{нр}} K_{\text{нр}}, \quad (4.5)$$

где $K_{\text{нр}} K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы равны: $Z_{\text{накл}} = 169920.93 \cdot 0,16 = 27187.35$ руб. 4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИИ	2368.43	Пункт 4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	0	Пункт 4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	132100	Пункт 4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10425	Пункт 4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	25027.5	Пункт 4.4
Накладные расходы	27187.35	Пункт 4.5
Бюджет затрат НИИ	197108.28	Сумма ст. 1- 6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.1)$$

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

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

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

В моей работе только существует одно исполнение.

$$I_{\text{финр}}^{I_{\text{исп.1}}} = \frac{197108.28197108.28}{197108.28197108.28} = 1.$$

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

$$I_{\text{ри}} I_{\text{ри}} = \sum a^i \cdot b^i \sum a^i \cdot b^i, \quad (5.2)$$

где $I_{\text{ри}} I_{\text{ри}}$ – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

$a^i a^i$ – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a b_i^a \cdot b_i^p b_i^p$ – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 17).

Таблица 9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Надежность	0.2	5
2. Универсальность	0.2	4
3. Уровень материалоемкости.	0.15	4
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.2	5
5. Ремонтпригодность	0.1	5
6. Энергосбережение	0.15	4
ИТОГО	1	4.5

$$I_{p-исп1} I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп1} I_{исп1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1} I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1} I_{финр}^{исп1}}, \quad (5.3)$$

$$I_{исп1} I_{исп1} = \frac{4,54,5}{1 \ 1} = 4,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср} \mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} \mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1} \ I_{исп1}}{I_{испmax} I_{испmax}}, \quad (5.4)$$

Таблица 10 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4.5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

