

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: Электроника и наноэлектроника

Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Измеритель емкостей и индуктивностей

УДК 621.317.1:621.3.011.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A20	Ван Юйкэ		

Руководитель

Должность	ФИО	Учебная степень	Подпись	Дата
Доцент, к.ф.-м.н.	Торгаев С.Н.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По раздеру «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Учебная степень	Подпись	Дата
Доцент, Кафедра менеджмента	Конотопский В. Ю.	К. Э. Н.		

По раздеру «социальная ответственность»

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Ассистент, Кафедра экологии и БЖД	Кырмакова О.С.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	К.ф.-м.н., Доцент		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	Профессиональные компетенции
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании. Учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать и применять, подбирать и внедрять необходимые средства производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	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
P4	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
P5	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
P6	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
	Универсальные компетенции
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

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

Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки-электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Ф. А.Губарев

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151A20	Ван Юйкэ

Тема работы:

Измеритель емкостей и индуктивностей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Произвести обзор методов и средств измерения емкостей и индуктивностей и выбрать самый хороший метод.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Проведение обзора литературы 2. Математическое моделирование выбранного метода. 3.Разработка структурной схемы. 4. Проведение экспериментов.

Перечень графического материала	По каждому методу пояснительный лист
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский В.Ю. Доцент
«Социальная ответственность»	Кырмакова О.С. Ассистент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.2015

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, к.ф.-м.н.	Торгаев С.Н.	Доцент, к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A20	Ван Юйкэ		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 68с., 22 рис., 16 табл., 15 источников, 2 прил.

Ключевые слова: Измеритель емкостей и индуктивностей; Методы измерения емкостей и индуктивностей; Резонансная цепь на основе ОУ; Измерение частоты с помощью микроконтроллера.

Объектом исследования является измеритель емкостей и индуктивностей на основе.

Цель работы – разработка и проектирование измерителя емкостей и индуктивностей на основе метода LC резонансной цепи на основе операционного усилителя

В процессе исследования проводились обзор литературы; проектирование; расчет; математическое моделирование; разработка печатной платы и реализация программно получения частоты.

В результате исследования был сделан макет печатной платы измерения емкостей и индуктивностей. Экспериментально была подтверждена работоспособность разработанного макета.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: можно измерить емкости и индуктивности в диапазоне 1пФ – 3мкФ и 1мкГ – 100мГ.

Степень внедрения: полученная печатная плата для измерения емкостей и индуктивностей будет внедрена в лабораторных занятиях.

Область применения: разработанная плата может использоваться и в измерении емкостей и индуктивностей в промышленности, а также в учебном процессе.

Экономическая эффективность/значимость работы проект обладает средней экономической эффективностью и может конкурировать на рынке/

В будущем планируется внедрить в курс лабораторных работ для измерения емкостей и индуктивностей.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
2. ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности»
3. ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация»
4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
5. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Измеритель ёмкости — это прибор для измерения электрической ёмкости, в основном применяется для измерения ёмкости дискретных конденсаторов.

«Обозначения и сокращения»:

ОУ – операционный усилитель.

ГЛАВЛЕНИЕ

Ведение	
Глава 1. Обзор Литературы	
1.1.методы измерения индуктивностей и емкостей	
1.1.1. Вариант №1: Мостовая схема	
1.1.2. Вариант №2. метод вольтметра – амперметра	
1.1.3. Вариант №3: Измеритель на основе зарядке и разрядке емкости	
1.1.4. Вариант №4. Измеритель на основе RLC последовательно резонансной цепи.	
1.1.5. Вариант № 5. Измеритель на основе LC автоколебательной цепи.	
Глава 2. объект и методы моего исследования	
2.1. Теоретическое описание метода	
2.2. Информация про микроконтроллер	
2.3. Математическое моделирование погрешностей выбранной схемы	
Глава 3. Практическая Реализация Схемы	
3.1. Выбор и обоснование структурной схемы	
3.2. Сборка и написание программы для микроконтроллера	
3.2.1. Задача микроконтроллера	
3.2.2.Алгоритм программы	
3.3. Экспериментальный данные	

Глава 4. Финансовый Менеджмент, Ресурсоэффективность И Ресурсосбережение	
4.1. Составление перечня работ	
4.2. Определение трудоемкости работ	
4.3. Построение графика работ	
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	
4.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	
4.4.5 Накладные расходы	
4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.	
Глава 5. Социальная Ответственность	
5.1. Техногенная безопасность	
5.2. Региональная безопасность	
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	
5.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений	
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	
Заключение	

Используемые списки литературы.	
Предложение А. программа для микроконтроллера.	
Предложение Б. Параметры операционного усилителя LM311	

Ведение

В настоящем времени, конденсаторы и индуктивности находят применение практически во всех областях электротехники. Например, они используются для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами, в частности, фильтров, цепей обратной связи, колебательных контуров и т. п.

Мы принимаем ёмкостный датчик в технике. Ёмкостный датчик — преобразователь параметрического типа, в котором изменение измеряемой величины преобразуется в изменение ёмкости конденсатора. Ёмкостные датчики получили широкое распространение там, где необходимо контролировать появление слабопроводящих жидкостей, например, воды. У емкостных датчиков высокий порог чувствительности и небольшая инерционность.

Ещё есть индуктивный датчик. Индуктивный датчик — бесконтактный датчик, предназначенный для контроля положения объектов из металла (к другим материалам не чувствителен). Индуктивные датчики широко используются для решения задач АСУ ТП. Выполняются с нормально разомкнутым или нормально замкнутым контактом.

Для того, что хорошо и разумно используют конденсаторы и индуктивности, прежде всего, надо узнать их параметрах.

Целью моей работы является измерение емкости и индуктивности.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. методы измерения индуктивностей и емкостей

Задача моей выпускной квалификационной работы является точным измерением емкости и индуктивности. Тема ВКР представляет собой измеритель емкости и индуктивности. Измеритель ёмкости и индуктивности — это прибор для измерения электрических ёмкости и индуктивности. Для измерения емкости и индуктивности существует немало методов.

Варианты измерительных схем рассмотрены вниз:

1.1.1. Вариант №1: Мостовая схема

Напомним, что мостовые схемы работают как пара двухкомпонентных делителей напряжения, подсоединённых параллельно к источнику напряжения, индикатор нулевого сигнала включён в диагональ моста для определения "баланса" при нулевом сигнале [1].

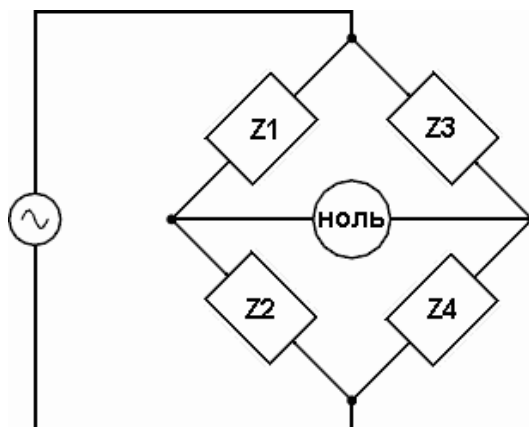


Рис.1.Обобщённый мост переменного тока: Z = общий комплексный импеданс

Известно, для этого обобщённого моста переменного тока выполнение условий баланса должно происходить в том случае, когда отношение импеданса каждой ветви равно: $\frac{Z1}{Z2} = \frac{Z3}{Z4}$. Тогда можно собирать мостовые схемы с индуктивностями или конденсаторами.

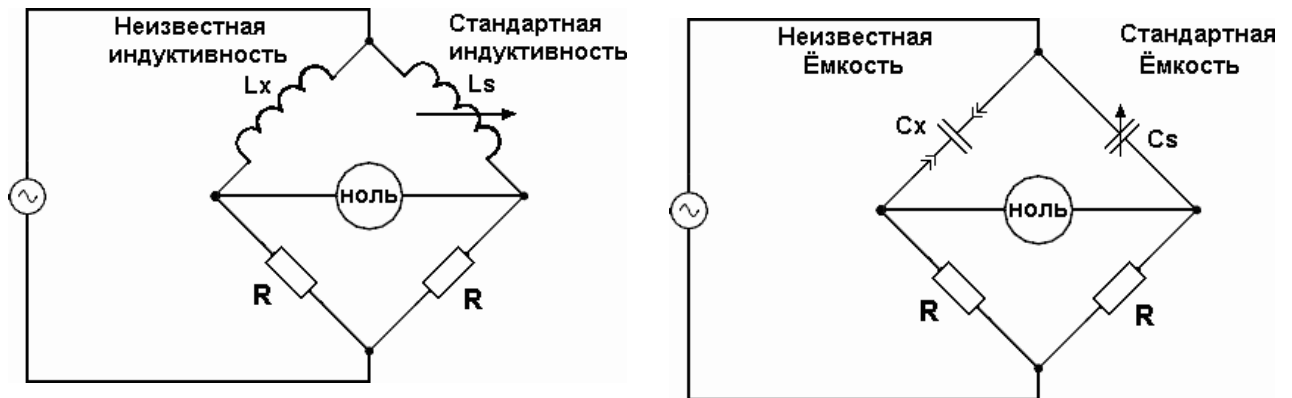


Рис.2. Симметричный мост измеряет неизвестную индуктивность и ёмкость путём сравнения её со стандартной.

Этот метод простой, дешёвый, различные мостовые схемы могут получить различные частотные диапазоны. Но такая схема должна регулироваться руками, недостаточно удобно для измерения.

1.1.2. Вариант №2. метод вольтметра – амперметра[2].

Метод вольтметра – амперметра основан на закон Ома. При поступлении синусоидальных напряжений полные сопротивления Z катушки индуктивности и конденсатора ёмкости рассчитываются по формулам:

$$Z_L = (r_L^2 + (j\omega L)^2)^{1/2}$$

$$Z_C = (r_C^2 + (-j/\omega C)^2)^{1/2}$$

Где: r_L – сопротивление катушки;

Z_L – полное сопротивление катушки;

r_C – сопротивление конденсатора;

Z_C – полное сопротивление конденсатора.

На основе показаний приборов переменного тока $V_{\sim}$ и $mA_{\sim}$. Верхний (по схеме) вывод вольтметра присоединяют к точке a при $Z \ll Z_{\text{в}}$ и к точке b при $Z \gg Z_a$, где $Z_{\text{в}}$ и Z_a - полные входные сопротивления соответственно вольтметра $V_{\sim}$ и миллиамперметра $mA_{\sim}$. Если потери малы, т. е. $r_L \ll XL = 2\pi FL_x$ и $r_C \ll X_C = 1/(2\pi FC_x)$ то измеряемые индуктивность и ёмкость определяются формулой

$$L_x \approx U/(2*\pi*F*I)$$

$$C_x \approx I / (2 * \pi * F * U)$$

Где: F—частота входного сигнала;

U—действующее значение входного напряжения;

I—действующее значение входного тока.

Измерительные схемы показаны как следующие:

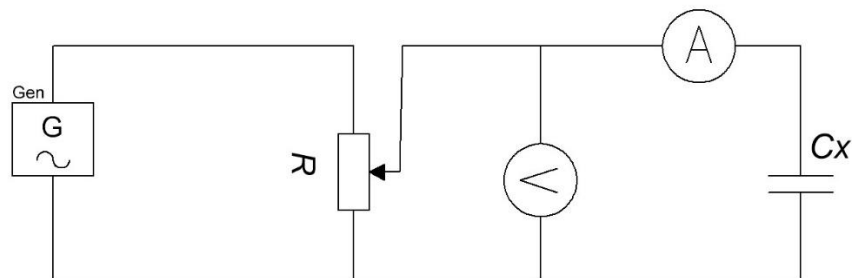


Рис.3. Измерение емкости методом вольтметра-амперметра

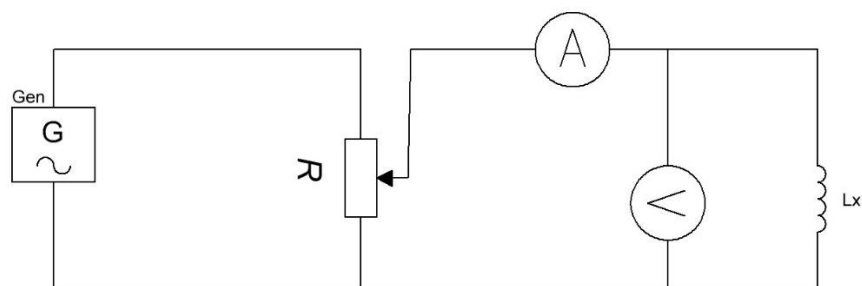


Рис. 4. Измерение индуктивности катушки

Такой метод достаточно простой и недорогой, но погрешности измерения параметров элементов цепей методом вольтметра-амперметра на низких частотах составляют 0,5...10 % и определяются погрешностью используемых приборов, а также наличием паразитных параметров. Погрешности измерения возрастают с увеличением частоты. То есть такой метод не универсальный, и погрешность относительно большая.

1.1.3. Вариант №3: Измеритель на основе зарядке и разрядке емкости

Принцип работы показывается в рис.5. [3]

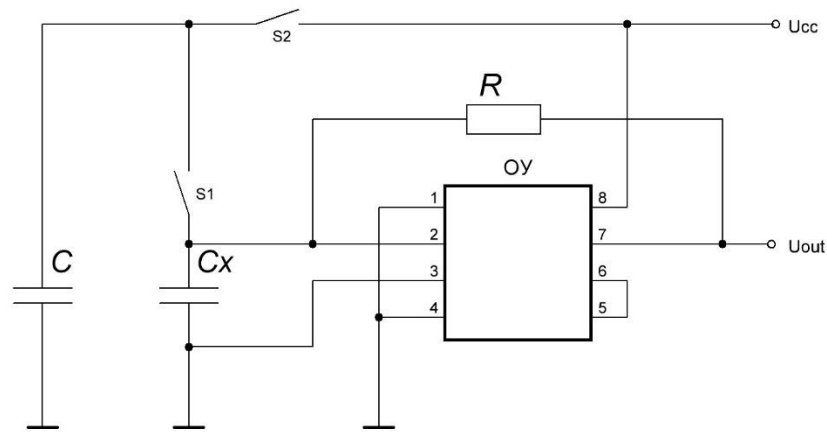


Рис.5. схема измеритель на основе зарядке и разрядке емкости

Принцип работы: сначала включится ключ S1, выключится S2, и зарядится конденсатор Cx до того, что его напряжение равно V_e . Потом включится ключ S2, выключится S1. Заряд протекает с конденсатора Cx через S2 и R2. В конце концов появляется напряжение. На тактовом импульсном управлении, несколько зарядов передается с частотой $f=1/T$ за минуту, величиной передачи заряда является: $Q=V_e \cdot C_x \cdot f$. Эти заряды образуют токи и выражается на выходе напряжением. Этот процесс повторяет, то легко знаем, что средний ток: $I_m = V_e \cdot C_x \cdot f$

То среднее напряжение: $V_o = R_f \cdot I_m = R_f \cdot V_e \cdot C_x \cdot f$

То емкость конденсатора: $C_x = V_o / (R_f \cdot V_e \cdot f)$

У такого метода существуют недостатки достоинства. Основным преимуществом этой схемы является то, что паразитная емкость может быть эффективно подавлено, и структура схемы проста, стоимость низкая, высокая стабильность после компенсации программного схема.

1.1.4. Вариант №4. Измеритель на основе RLC последовательно резонансной цепи. [4]

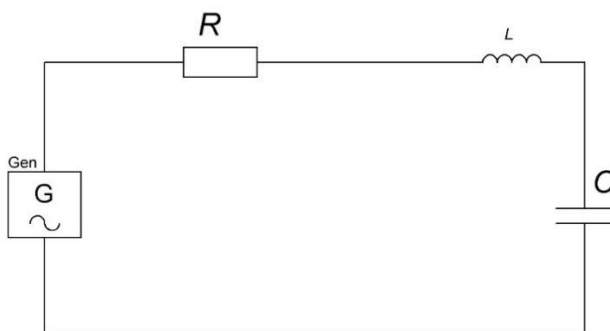


Рис.6. Последовательная RLC-цепь

Известно полное сопротивление RLC-цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Амплитудное значение тока:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

При поступлении синусоидальных напряжений и увеличении частоты питания с 0, величина тока сначала увеличивается и потом уменьшается.

Очевидно, что при условии $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, то есть $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$, тогда величина тока является максимальной. По этому принципу, мы можем изменять чистоту питания, и снять напряжение на резистор, при максимальном напряжении нагрузки, читать F_0 чистоту питания. Если одна величина конденсатора или катушки известна, по формуле получается другая величина. Например, если индуктивность катушки известна, то $C_x = \frac{1}{4\pi^2 * F_0^2 * L}$.

Такой метод тоже надо регулируется руками, и трудно найти резонансную чистоту, кроме этого погрешность большая.

1.1.5. Вариант № 5. Измеритель на основе LC автоколебательной цепи. [5]

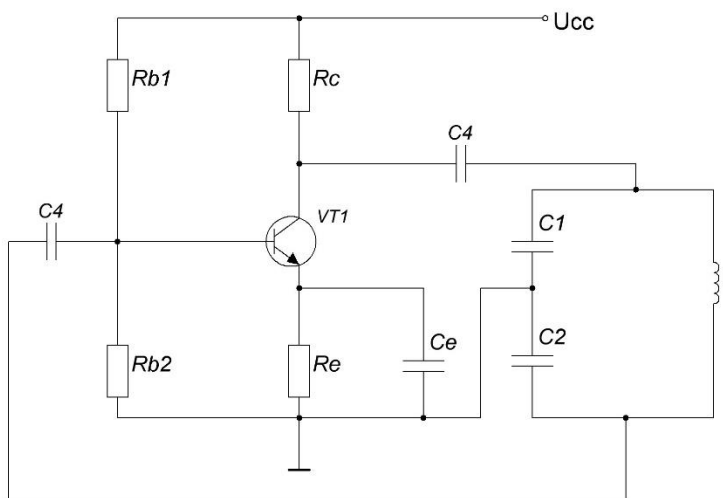


Рис.7. LC автоколебательная цепь

По принципу само-колебательности, выполнив условия авто-колебательности $|KB| > 1$, и $\varphi_K + \varphi_B = 2\pi n$ (где: $n = 0.1.2 \dots$), и K -коэффициент усиления, B -коэффициент обратной связи. φ_K φ_B –сдвиг фазы.

Легко знать, что резонансная чистота является:

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2})}}$$

Как предыдущая схема, мы можем получить результат. У этого метода есть высокая стабильность и широкая рабочая частота. Однако такой схемы трудно начинается резонанс.

1.1.6.Измерительная схема на основе ОУ.

Принципиальная схема положена внизу.

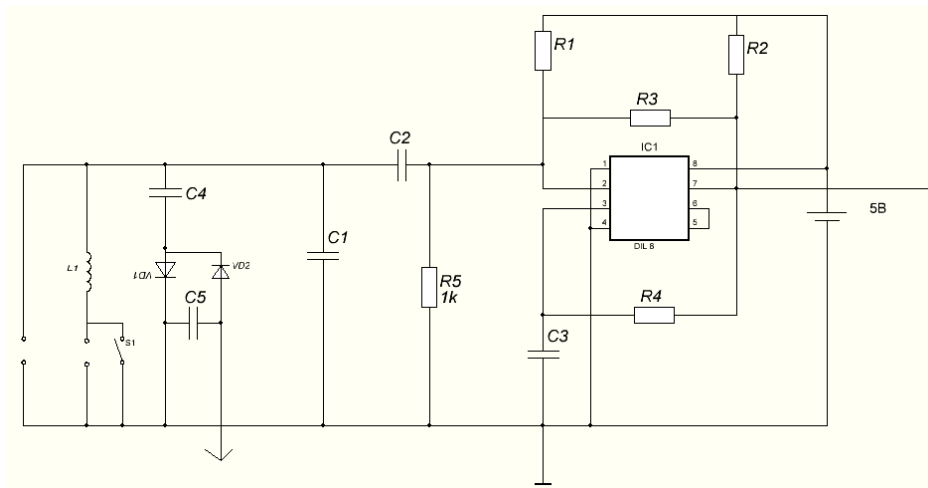


Рис.8. Принципиальная схема для измерения емкости и индуктивности.

Объяснение принципа работы схемы:

Измерение ёмкости и индуктивности основаны на измерении частоты колебаний LC-контура. Для этого неизвестная ёмкость включается параллельно с известной индуктивностью L1 и ёмкостью C1, а неизвестная индуктивность включается последовательно с известной индуктивностью L1. Измерим частоту микроконтроллером. [6]

Собственная частота колебательного контура вычисляется как:

$$F = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L * C}}$$

Очевидно, частота колебательного контура (L1 C1):

$$F1 = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L1 * C1}}$$

Частота колебательного контура (L1(C1+C4)):

$$F2 = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L1 * (C1 + C4)}}$$

Когда подключается неизвестная катушка Lx , частота колебательного контура (L1+Lx)C1:

$$F_x = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{(L1 + Lx) * C1}} \dots \dots \dots (1)$$

Выводим формулу вычисления Lx, зависящую только от C4:

$$Lx = \left[\left(\frac{F1}{F_x} \right)^2 - 1 \right] \times \left[\left(\frac{F1}{F2} \right)^2 - 1 \right] \times \frac{1}{4\pi^2 C4 F1^2} \dots \dots \dots (2)$$

Выражение о емкости тоже так получается. Разница заключается в выражении (1).

Когда подключается неизвестная конденсатор C_x , частота колебательного контура $(C1+C_x)L1$:

$$F_x = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{(C1 + C_x) * L1}}$$

Выводим формулу вычисления C_x , зависящую только от $C4$:

$$C_x = \frac{\left(\frac{F1}{F_x}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F1}{F2}\right)^2 - 1} * C4 \dots \dots \dots (3)$$

Тот метод удобный, простой, дешевый. У этого метода высокая точность. По выражениям (2) и (3) знаем, что точность измерительного результата зависит от частот $F1, F2, F_x$ и величины конденсатора $C4$. То есть, точное измерение частоты является важной задачей перед нами. С целью точного измерения частоты мы используем микроконтроллер.

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

Студенту:

Группа	ФИО
150A20	Ван Юйкэ

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Электроника и нанлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Сумма бюджета проекта: 322204.36руб.</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	...
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Произведен расчет бюджета научных исследований</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	...
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>Альтернативы проведения НИ</i> <i>График проведения и бюджет НИ</i> <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела 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
150A20	Ван Юйкэ		

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Планирование комплекса работ на создание проекта

4.1. 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 8:

Таблица 8. 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 анализа	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
Теоретические и	5	Проведение теоретических	Руководитель,

экспериментальные исследования		расчетов, обоснований разработка моделей для исследования и анализ получаемого результата	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

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

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

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:

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

работа 2:

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

работа 3:

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

работа 4:

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

работа 5:

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

работа 6:

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

работа 7:

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

работа 8:

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

работа 9:

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

работа 10:

$$t_{ож10} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 12}{5} = 9.6$$

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

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

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

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

$ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту

же работу на данном этапе, чел.

работа 1:

$$T_{p1} = \frac{t_{ож1}}{q_i} = \frac{10}{1} = 10$$

работа 2:

$$T_{p2} = \frac{t_{ож2}}{q_i} = \frac{19.6}{2} = 9.8$$

работа 3:

$$T_{p3} = \frac{t_{ож3}}{q_i} = \frac{4.2}{1} = 4.2$$

работа 4:

$$T_{p4} = \frac{t_{ож4}}{q_i} = \frac{5}{1} = 5$$

работа 5:

$$T_{p5} = \frac{t_{ож5}}{q_i} = \frac{22.8}{3} = 7.6$$

работа 6:

$$T_{p6} = \frac{t_{ож6}}{q_i} = \frac{12}{1} = 12$$

работа 7:

$$T_{p7} = \frac{t_{ож7}}{q_i} = \frac{9.2}{3} = 3.1$$

работа 8:

$$T_{p8} = \frac{t_{ож8}}{q_i} = \frac{6.4}{2} = 3.2$$

работа 9:

$$T_{p9} = \frac{t_{ож9}}{q_i} = \frac{5.2}{3} = 1.7$$

работа 10:

$$T_{p10} = \frac{t_{ож10}}{q_i} = \frac{9.6}{1} = 9.6$$

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кГ}}{T_{кГ} - T_{вД} - T_{пД}}, \quad (2.4)$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кГ}}{T_{кГ} - T_{вД} - T_{пД}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48,$$

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

Результаты расчетов приведены в таблице 2.2.

Таблица 9. Временные показатели проведения ВКР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} чел-дн	t_{max} чел-дн	$t_{ож}$ чел-дн	T_p раб-дн	T_k кал-дн	$y_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
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,	20	27	22.8	7.6	11	11.11	54.54

	студент-дипломник							
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	\	

4.3. Построение графика работ

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

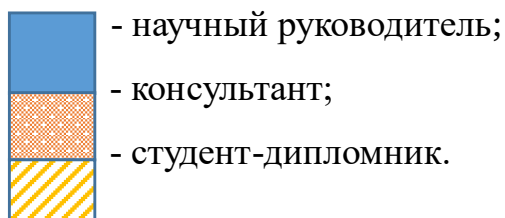
Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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 10. Календарный план проведения НИР

Этап	Вид работы	Исполнители	t _к	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	15					
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель, Студент-дипломник	15		 			
3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель	7					
4	Календарное планирование работ	Научный руководитель	6					
5	Проведение теоретических расчетов, разработка моделей для исследования и анализ получаемого результатов	Руководитель, консультант, студент-дипломник	11		  			
6	Реализация моделей	Студент-дипломник,	18					
7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководитель, консультант, Студент-дипломник,	5				  	
8	Анализ полученных результатов.	Студент-Дипломник, Консультант.	5				 	
9	Оценка эффективности	Руководитель, консультант,	3				  	

	полученных результатов	студент- дипломник																		
10	Составление пояснительной записки	Студент- дипломник	14																	



4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

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

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 – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Таблица 11. Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на мате- риалы, (Зм), руб.
Бумага	лист	100	1	115
Ручка	шт.	1	25	28.75

Тетрадь	шт.	1	50	57.5
Плата	шт.	2	420	966
Резистор	шт.	12	2	27.6
Конденсатор	шт.	25	0.9	25.875
Высокоточный конденсатор	шт.	2	17	39.1
Индуктивность	шт.	3	12	41.4
Операционный усилитель	шт.	2	47	108.1
Реле	шт.	3	63	217.35
Переключатель	шт.	2	17	39.1
Проводник	шт.	8	2	18.4
Микроконтроллер	шт.	1	563	647.45
Диод	шт.	2	15	34.5
Разъем	шт.	1	2	2.3
Итого				2368.43

4.4.2 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.

4.4.3 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: 1.4 тыс. руб./ дн.

Таблица 12. Расчет основной заработной платы

№. п/п	Наименование этапов	Исполнители 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 исследования и анализ получаемого результата	Руководитель, консультант, студент- дипломник	11	3.1	34.1
6	Реализация моделей	Студент- дипломник	18	0.3	5.4
7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководитель, консультант, Студент- дипломник	5	3.1	15.5
8	Анализ полученных результатов, выводы	студент- дипломник, консультант	5	1.7	8.5
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, консультант, студент- дипломник	3	3.1	9.3
10	Составление	Студент-	14	0.3	4.2

	пояснительной записки	дипломник			
Итого					141.7

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

Где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

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

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * 15\% = 21255 \text{ руб.}$$

Выбран районный коэффициент: $\kappa_{\text{рай}} = 30\%$

Следовательно, суммирующая работная затрата равна:

$$З_{\text{сум}} = (З_{\text{доп}} + З_{\text{доп}}) * (1 + \kappa_{\text{рай}}) = 211841.5 \text{ руб.} \quad (4.4)$$

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = \kappa_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{сум}}, \quad (4.5)$$

где $\kappa_{\text{внеб}}$ – 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%.

Следовательно, величина отчислений во внебюджетные фонды равна:

$$З_{\text{внеб}} = 30\% * 211841.5 = 63552.45 \text{ руб.}$$

4.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot \kappa_{\text{нр}}, \quad (4.6)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны: $Z_{\text{накл}} = 277762.38 \cdot 0,16 = 44441.98$ руб.

4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 13. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НТИ	2368.43	Пункт 4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	0	Пункт 4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	141700	Пункт 4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21255	Пункт 4.3
суммирующая работная затрата	211841.5	Пункт 4.3
Отчисления во внебюджетные фонды	63552.45	Пункт 4.4
Накладные расходы	44441.98	Пункт 4.5
Бюджет затрат НТИ	322204.36	Сумма ст. 1,5,6,7

4.5. 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} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

В моей работе только существует одно исполнение.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{322204.36}{322204.36} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения

объекта исследования можно определить следующим образом:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

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

$b_i^a \cdot b_i^p$ – 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 14. 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. Ремонтопригодность	0.1	5
6. Энергосбережение	0.15	4
ИТОГО	1	4.5

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

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

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{исп.i}^{фин}}, \quad (5.3)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

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 ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } i}}{I_{\text{исп } \max}}, \quad (5.4)$$

Таблица 15. 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