

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

Институт неразрушающего контроля
Институт международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки – 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование чувствительности фильтра нижних частот

УДК 621.372.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A20	Ма Юйбо		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Глотов А.Ф.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	К.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кырмакова О.С.	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

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

Институт ИМОЯК

Направление подготовки 210100Электроника и наноэлектроника

Кафедра ПМЭ

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ Ф.А. Губарев
 (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
151A20	Ма Юйбо

Тема работы:

Моделирование формирователя квазисинусоидального тока для заряда аккумуляторов.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 1966/с от 15.03.2016г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.16г.
--	------------

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; экономический анализ и т. д.).</i>	- коэффициент усиления – 1 - частота среза – 500 рад/с
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</i>	- Обзор литература - Расчет принципиальной схемы - Топологическое моделирование - Математическое моделирование - Расчет многопараметрической чувствительности - Статистический анализ методом Монте-Карло

работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- Оформление расчетно-пояснительной записки
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- принципиальной схемы - графики экспериментов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.09.2015г.
--	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Готов А.Ф.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A20	Ма Юйбо		

Результаты обучения по ООП «Электроника и нанoeлектроника»

Код результата	Результат обучения (выпускник)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте высокоэффективной 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 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 биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
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 делением 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

Образец графика выполнения ВКР
Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ИМОЯК
 Направление подготовки Электроника и нанoeлектроника
 Уровень образования бакалавриат
 Кафедра промышленной и медицинской электроники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.16г.
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.10.15	Обзор литература	
30.11.15	Расчет принципиальной схемы	
30.11.15	Топологическое моделирование	
17.02.16	Математическое моделирование	
31.04.16	Исследование чувствительности	
31.05.16	Статистический анализ	
15.06.16	Оформление расчетно-пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПМЭ	Готов А.Ф.	К.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 59 с., 18 рис., 12 табл., 5 источников.

Ключевые слова: Многопараметрическая чувствительность, Статистический анализ электронных схем

Объектом исследования являются фильтр нижних частот (ФЧХ)

Цель работы – Методические математики для проведения занятия по теме "исследование чувствительности характеристик электронных схем "

В процессе исследования проводились - Расчёт схемы, моделирование, расчёт чувствительности к вариации всех параметров, статистический анализ, работоспособности.

В результате исследования - Определено минимальное число тестов схемы методом Монте-Карло .

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нет

Степень внедрения: средняя

Область применения: учебной процесс

Экономическая эффективность/значимость работы: нет

В будущем планируется Работа может найти продолжение в исследовании схем по оптимизации.

Оглавление

1. Введение.....	9
2. Обзор литературы.....	9
2.1 многопараметрическая чувствительность.....	9
2.2 Расчет чувствительности на ЭВМ.....	11
2.3 Метод присоединенной системы уравнений.....	11
3. Исходные данные.....	15
4. Программа работы.....	15
4.1 Построение сигнального графа схемы.....	15
4.2 Составление матрицы проводимостей цепи.....	16
4.3 Построение АЧХ и ФЧХ.....	16
4.4 Нахождение групповой задержки цепи.....	17
4.5 Исследование чувствительности.....	18
4.6 Исследование схемы с помощью метода Монте-Карло.....	21
5. Социальная ответственность.....	错误!未定义书签。
5.1 Введение.....	错误!未定义书签。
5.2 Производственная безопасность.....	错误!未定义书签。
5.2.1 Микроклимат.....	错误!未定义书签。
5.2.2 Освещенность.....	错误!未定义书签。
5.2.3 Шум и вибрация.....	错误!未定义书签。
5.2.3 Электробезопасность.....	错误!未定义书签。
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	错误!未定义书签。
5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	错误!未定义书签。
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	错误!未定义书签。
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	错误!未定义书签。
5.7 Охрана окружающей среды.....	错误!未定义书签。
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	错误!未定义书签。
Введение.....	错误!未定义书签。
6.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	错误!未定义书签。
6.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	错误!未定义书签。
6.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	错误!未定义书签。
6.1.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	错误!未定义书签。
6.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	错误!未定义书签。
6.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	错误!未定义书签。
6.2.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных	

(экспериментальных) работ	错误!未定义书签。
6.2.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	错误!未定义书签。
6.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .	错误!未定义书签。
6.2.5 Накладные расходы	错误!未定义书签。
6.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	错误!未定义书签。
6.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	错误!未定义书签。
Заключение.....	错误!未定义书签。
Список литературы	错误!未定义书签。

1. Введение

Чувствительность – это некоторая числовая величина, которая позволяет получить дополнительную информацию о поведении физической системы.

Обозначим характеристику схемы - напряжение или ток любого компонента или какую-нибудь схемную функцию через

$$f = f(h_1, h_2, \dots, h_n) = f(h)$$

Где h_i - величины параметров компонентов схемы. В дальнейшем индекс будем использовать только по необходимости, например, в операциях суммирования. Влияние отдельных компонентов схемы на ее какую-либо характеристику оценивается производной дифференцируемой функции f по параметру h

$$D_h^f = \frac{df}{dh}$$

Такое определение чувствительности удобно использовать при машинных расчетах, однако производная не является величиной безразмерной. Наиболее широко используется функция относительной или нормированной чувствительности, определяемой следующим выражением:

$$S_h^f = \frac{\partial f}{\partial h} \cdot \frac{h}{f} = \frac{\partial f}{\partial h} \cdot \frac{h}{f} = \frac{\partial \ln f}{\partial \ln h} = \frac{h}{f} \cdot D_h^f$$

2. Обзор литературы

2.1 многопараметрическая чувствительность

При автоматизированном анализе электронных схем с помощью современных специализированных пакетов прикладных программ одним важных видов выполняемого ими анализа является расчет наихудшего случая, т.е. анализ работоспособности изделия при стечении неблагоприятных обстоятельств. Функция цепи F в общем случае зависит от нескольких параметров:

$$F(h) = F(h_1, h_2, \dots, h_n) \quad (2.1.1)$$

Оценим изменение функции F , когда некоторые или все параметры варьируются одновременно. Приращение функции F при бесконечно малых изменениях всех параметров определяется полной производной

$$dF = \sum_{i=1}^n \frac{\partial F}{\partial h_i} \quad (2.1.2)$$

Чтобы определить нормализованную чувствительность, разделим обе части этого выражения на F , а каждый элемент суммы умножим и поделим на h_i . В результате получим

$$\frac{dF}{F} = \sum_i \left(\frac{\partial F}{\partial h_i} \right) \left(\frac{h_i}{F} \right) \left(\frac{dh_i}{h_i} \right) = \sum_i S_{h_i}^F \frac{dh_i}{h_i} \quad (2.1.3)$$

Часто более удобным оказывается использование приращений

$$\frac{\Delta F}{F} = \sum S_{h_i}^F \frac{\Delta h_i}{h_i} \quad (2.1.4)$$

Если параметры h_i представляют собой параметры элементов цепи, то ограничения на отношения $\Delta h_i/h_i$ зависят от технологии изготовления этих элементов.

Разный способ построения цепи может привести к различным вариациям $\Delta F/F$, поскольку чувствительности могут отличаться. Относительные изменения $\Delta h_i/h_i$, обычно таковы, что

$$\left| \frac{\Delta h_i}{h_i} \right| \leq t_i \quad (2.1.5)$$

где t_i - допуск на i -й элемент. Типичные допуски для дискретных элементов составляют несколько процентов, в то время как допуски при изготовлении интегральных схем могут достигать нескольких десятков процентов.

Рассмотрим отношение $\Delta F/F$ в наихудшем случае. Он будет иметь место, если вариации $\Delta h_i/h_i$ выбраны так, что

$$\frac{\Delta h_i}{h_i} = \text{sign}(S_{h_i}^F) t_i \quad (2.1.6)$$

При этом отношении $\Delta F/F$ ограничено:

$$\left| \frac{\Delta F}{F} \right| < \sum_i |S_{h_i}^F| t_i \quad (2.1.7)$$

Если предположить, что допуски для параметров элементов равны между собой, т.е. $t_i = t$, $i = 1, 2, \dots$, тогда многопараметрическая чувствительность наихудшего случая (МЧНС) определяется при выполнении условия (2.1.6):

$$MCHC = \sum_i |S_{h_i}^F| \quad (2.1.8)$$

И

$$\frac{\Delta F}{F} \leq MCHC \quad (2.1.9)$$

2.2 Расчет чувствительности на ЭВМ

Машинный анализ чувствительности функции цепи основан на двух методах: методе присоединенной схемы, в котором используется модификация исходной схемы, и методе присоединенной системы уравнений, опирающемся непосредственно на анализ. При этом рассчитывается чувствительность всех переменных по отношению к изменению одного параметра, либо определяется чувствительность одной переменной уравнений по отношению к изменению многих параметров.

2.3 Метод присоединенной системы уравнений

Метод расчета чувствительности, основанный на общих свойствах систем линейных алгебраических уравнений, называется методом присоединенной, или транспонированной системы уравнений.

Целесообразность более подробного изложения этого метода объясняется тем, что основной задачей дисциплины МАРЭС является изучение методов

математического моделирования электронных цепей и их «ручного» анализа с помощью пакета MATHCAD на ЭВМ.

Математическая модель, как правило, представляет собой систему уравнений. Поэтому решение более общей проблемы вычисления чувствительности систем уравнений позволяет решить частную задачу по расчету чувствительностей для электронных схем.

Допустим, что имеем систему линейных уравнений:

$$\mathbf{TX} = \mathbf{W} \quad (2.3.1)$$

где матрица $\mathbf{T}$ и вектор $\mathbf{W}$ могут быть вещественными или комплексными и зависят от вектора параметров $\mathbf{h}$. Индекс у компонента этого вектора при $\mathbf{h}$ будем опускать где не возникает разночтения. Решение (2.3.1) имеет вид:

$$\mathbf{X} = \mathbf{T}^{-1}\mathbf{W} \quad (2.3.2)$$

для приближенной оценки чувствительности можно задать параметру приращение $\Delta \mathbf{h}$ и найти $\Delta \mathbf{X}$. Тогда:

$$\lim_{\Delta \mathbf{h} \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{X}}{\Delta \mathbf{h}} = \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \mathbf{h}} \quad (2.3.3)$$

Однако использование очень малых величин для $\Delta \mathbf{h}$ невозможно из-за ошибок округления. Кроме того, оценка чувствительности для каждого компонента вектора $\mathbf{h}$ требует составления и решения уравнений (2.3.1). Избежать этих трудностей можно следующим образом. Чтобы оценить чувствительность всех компонентов вектора $\mathbf{X}$ по отношению к некоторому параметру $\mathbf{h}$, продифференцируем (2.3.1) по $\mathbf{h}$:

$$\mathbf{T} \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \mathbf{h}} + \mathbf{X} \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \mathbf{h}} = \frac{\partial \mathbf{W}}{\partial \mathbf{h}} \quad (2.3.4)$$

и перепишем это уравнение следующим образом:

$$\mathbf{T} \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \mathbf{h}} = -\left(\frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \mathbf{h}} \mathbf{X} - \frac{\partial \mathbf{W}}{\partial \mathbf{h}}\right) \quad (2.3.5)$$

Формальное решение системы (2.3.5) имеет вид

$$\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \mathbf{h}} = \mathbf{T}^{-1} \left(\frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \mathbf{h}} \mathbf{X} - \frac{\partial \mathbf{W}}{\partial \mathbf{h}} \right) \quad (2.3.6)$$

По формуле (2.3.6) рассчитываются чувствительности всех компонентов вектора X по отношению к изменению одного параметра h . На практике редко требуется оценивать чувствительность всех компонентов вектора X . Чаще имеем единственную выходную скалярную величину, связанную с вектором X , и необходимо знать производные этой величины по нескольким параметрам h_i . Рассмотрим метод присоединенной системы, позволяющей разработать машинный алгоритм решения этой проблемы. Допустим, что выходная скалярная величина является некоторой $\phi(X)$, например, в простейшем случае $\phi(X)$ является линейной комбинацией компонентов вектора X :

$$\phi = d^t X \quad (2.3.7)$$

где d -постоянный вектор. Поскольку задачей является вычисление чувствительности скалярной функции по отношению к параметру h то продифференцируем (2.3.7) :

$$\frac{\partial \phi}{\partial h} = d^t \left(\frac{\partial X}{\partial h} \right) \quad (2.3.8)$$

подставив выражение для $\frac{\partial X}{\partial h}$ из уравнения (2.3.6), получим:

$$\frac{\partial \phi}{\partial h} = -d^t T \left(\frac{\partial T}{\partial h} X - \frac{\partial W}{\partial h} \right) \quad (2.3.9)$$

Отметим, что вектор-строка $d^t T^{-1}$ в (2.3.9) может быть рассчитан одновременно с определением вектора X перед вычислением чувствительности. Определим присоединенный вектор X^p с помощью соотношения

$$(X^p)^t = -d^t X^{-1} \quad (2.3.10)$$

умножим справа обе части равенства (2.3.10) на матрицу T и затем транспонируем левую и правую части для системы уравнений относительно X^p :

$$T^t X^p = -d \quad (2.3.11)$$

подставим (2.3.10) в (2.3.9) :

$$\frac{\partial \phi}{\partial h} = (X^p)^t \frac{\partial T}{\partial h} X - (X^p)^t \frac{\partial W}{\partial h} \quad (2.3.12)$$

Для каждого параметра h_i , формируется матрица $\frac{\partial T}{\partial h_i}$, и вектор $\frac{\partial W}{\partial h_i}$, а затем определяется правая часть (2.3.12). X и X^p не зависят от индекса параметра. Чтобы воспользоваться соотношением (2.3.12) необходимо найти решение только двух систем линейных алгебраических уравнений (2.3.1) и (2.3.11), независимо от числа параметров.

Вычислительную процедуру метода присоединенной системы можно представить следующим образом:

1. Решаем данную систему уравнений

$$TX = W$$

2. Решаем присоединенную систему уравнений

$$T^t X^p = -d$$

3. Для каждого параметра h_i формируем матрицу $\frac{\partial T}{\partial h_i}$ и вектор $\frac{\partial W}{\partial h_i}$, подставляем в (2.3.12) и вычисляем $\frac{\partial \phi}{\partial h_i}$.

В некоторых случаях требуется определить выходную величину для ряда различных векторов в правой части системы (2.3.12). Эту задачу можно сформулировать следующим образом. Допустим, что есть уравнения

$$f(x) = \left. \begin{array}{l} TX_i = W_i \\ \phi_i = dX_i \end{array} \right\} i = 1, 2, \dots, m. \quad (2.3.13)$$

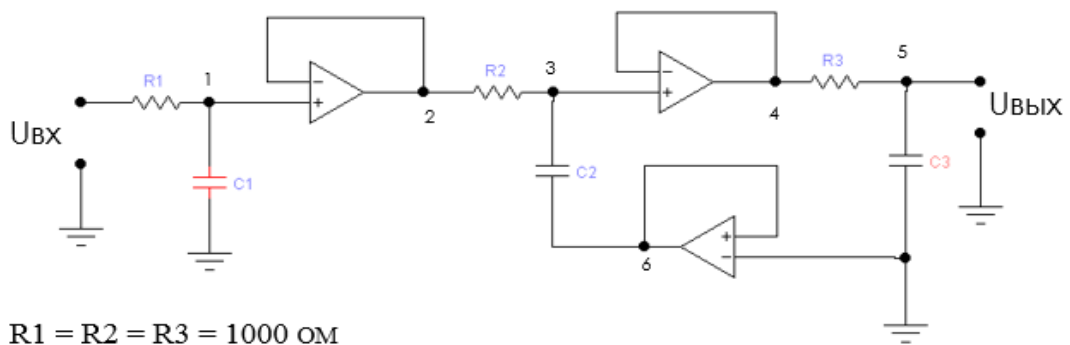
где W_i - различные векторы в правой части, а ϕ_i -соответствующие скалярные величины. Формально выходную величину можно представить в следующем виде:

$$\phi_i = d^t T^{-1} W_i = -(-d^t T^{-1}) W_i = -(X^p)^t W_i \quad (2.3.14)$$

где вектор X^p можно получить из решения системы (2.3.11). Равенство (2.3.14) показывает, что все величины ϕ_i определяются после единственного расчета присоединенной системы уравнений (2.3.11).

3. Исходные данные

Для анализа была выбрана схема, представленная на рисунке 1:

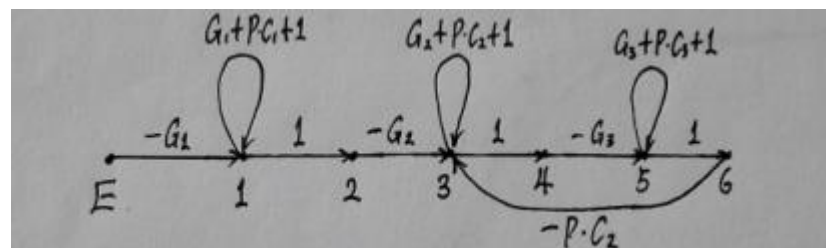


$$R1 = R2 = R3 = 1000 \text{ Ом}$$

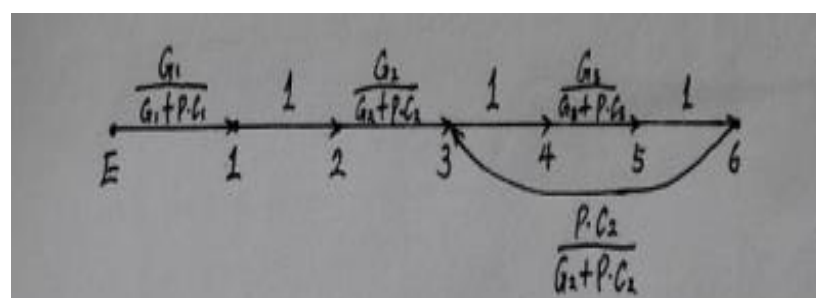
$$C1 = C2 = C3 = 0.1 \text{ мкФ}$$

4. Программа работы

4.1 Построение сигнального графа схемы



Упростим полученный сигнальный граф. Для этого из от«петель» в узлах 1, 3, 5:

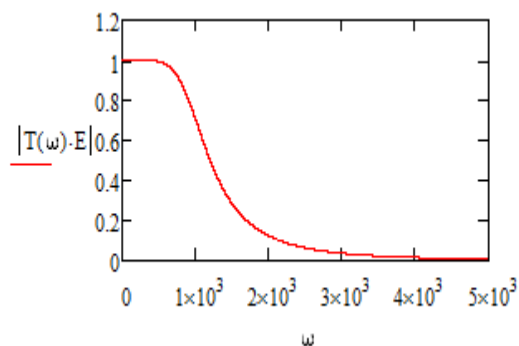


4.2 Составление матрицы проводимостей цепи

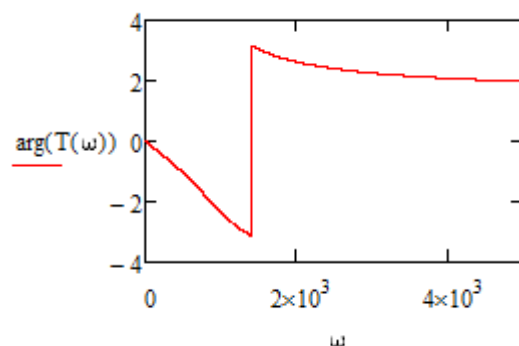
Использование Mathcad и состояние матрица модель , мы можем знать напряжение на точку 1, точку 3 и точку 5.

$$\begin{aligned}
 R1 &:= 1000 & C1 &:= 1.0 \cdot 10^{-6} \\
 R2 &:= 1000 & C2 &:= 1.0 \cdot 10^{-6} \\
 R3 &:= 1000 & C3 &:= 1.0 \cdot 10^{-6} & \omega &:= 0,1..5000 \\
 G1 &:= \frac{1}{R1} & G2 &:= \frac{1}{R2} & G3 &:= \frac{1}{R3} & E &:= 1 \\
 Y(\omega) &:= \begin{pmatrix} G1 + j \cdot \omega \cdot C1 & 0 & 0 \\ -G2 & G2 + j \cdot \omega \cdot C2 & -j \cdot \omega \cdot C2 \\ 0 & -G3 & G3 + j \cdot \omega \cdot C3 \end{pmatrix} & I &:= \begin{pmatrix} E \cdot G1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 U(\omega) &:= Y(\omega)^{-1} \cdot I \\
 L1(\omega) &:= G1 + j \cdot \omega \cdot C1 + 1 \\
 L2(\omega) &:= G2 + j \cdot \omega \cdot C2 + 1 \\
 L3(\omega) &:= G3 + j \cdot \omega \cdot C3 + 1 \\
 L4(\omega) &:= G3 \cdot j \cdot \omega \cdot C2 \\
 T(\omega) &:= \frac{-G1 \cdot G2 \cdot G3}{1 - (L1(\omega) + L2(\omega) + L3(\omega) + L4(\omega)) + L1(\omega) \cdot L2(\omega) + L1(\omega) \cdot L3(\omega) + L1(\omega) \cdot L4(\omega) + L2(\omega) \cdot L3(\omega) - L1(\omega) \cdot L2(\omega) \cdot L3(\omega)}
 \end{aligned}$$

4.3 Построение АЧХ и ФЧХ ($U_5 = U_{\text{ВЫХ}} = U_{C3}$)



АЧХ



ФЧХ

4.4 Нахождение групповой задержки цепи

Групповая задержка представляет собой производную аргумента передаточной функции по частоте.

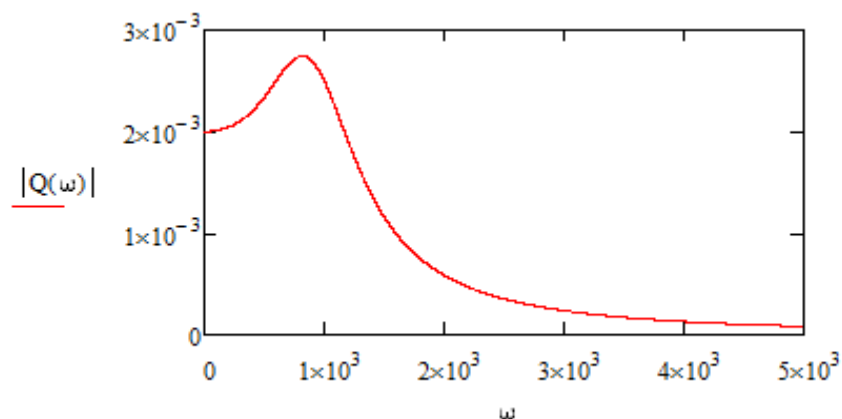
Обозначим групповую задержку как $Q(\omega)$, а аргумент передаточной функции через $f(\omega)$:

$$H(\omega) := \frac{G3 \cdot j \cdot \omega \cdot C2}{(G3 + j \cdot \omega \cdot C3) \cdot (G2 + j \cdot \omega \cdot C2)}$$

$$M(\omega) := \frac{G1 \cdot G2 \cdot G3}{(G1 + j \cdot \omega \cdot C1) \cdot (G2 + j \cdot \omega \cdot C2) \cdot (G3 + j \cdot \omega \cdot C3)}$$

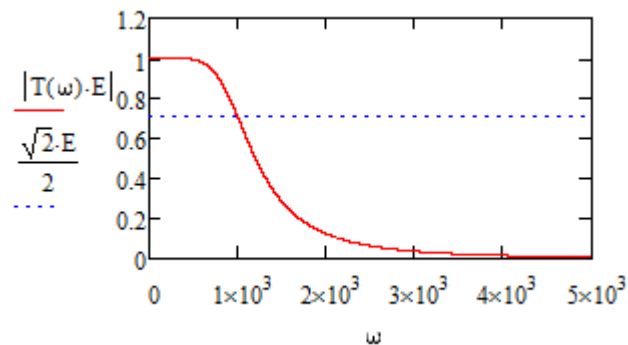
$$w(\omega) := \frac{M(\omega)}{1 - H(\omega)}$$

$$f(\omega) := \arg(w(\omega)) \quad Q(\omega) := \frac{d}{d\omega} f(\omega)$$



По полученному графику групповой задержки видно, что ее максимальное значение примерно соответствует частоте среза.

4.5 Исследование чувствительности



Посмотреть график, мне можно получить частота среза $\omega = 1000$.

Задаче частота $\omega = 500$.

$$R1 := 1000 \quad C1 := 1.0 \cdot 10^{-6}$$

$$R2 := 1000 \quad C2 := 1.0 \cdot 10^{-6}$$

$$R3 := 1000 \quad C3 := 1.0 \cdot 10^{-6}$$

$$G1 := \frac{1}{R1} \quad G2 := \frac{1}{R2} \quad G3 := \frac{1}{R3} \quad E := 1$$

$$Y(\omega) := \begin{pmatrix} G1 + j \cdot \omega \cdot C1 & 0 & 0 \\ -G2 & G2 + j \cdot \omega \cdot C2 & -j \cdot \omega \cdot C2 \\ 0 & -G3 & G3 + j \cdot \omega \cdot C3 \end{pmatrix} \quad I := \begin{pmatrix} E - G1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$U(\omega) := Y(\omega)^{-1} \cdot I \quad \omega := 500$$

$$U(\omega) = \begin{pmatrix} 0.8 - 0.4i \\ 0.923 - 0.615i \\ 0.492 - 0.862i \end{pmatrix}$$

Зададим вектор d :

$$d := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Находим присоединенный вектор для $\omega = 500$.

$$U_p := -\left(Y(\omega)^T\right)^{-1} \cdot d = \begin{pmatrix} -492.308 + 861.538i \\ -923.077 + 615.385i \\ -1.231 \times 10^3 + 153.846i \end{pmatrix}$$

Теперь найдем частные производные по элементам:

$$\begin{aligned} dTg1 &:= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & dTg2 &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & dTg3 &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \\ dTc1 &:= \begin{pmatrix} \omega \cdot j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & dTc2 &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega \cdot j & -\omega \cdot j \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & dTc3 &:= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega \cdot j \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Найдем значения чувствительностей

$$Fc1 := Up^T \cdot (dTc1 \cdot U(\omega)) = -4.431 \times 10^5 - 2.462i \times 10^4$$

$$Fc2 := Up^T \cdot (dTc2 \cdot U(\omega)) = -1.893 \times 10^4 - 2.746i \times 10^5$$

$$Fc3 := Up^T \cdot (dTc3 \cdot U(\omega)) = -5.68 \times 10^5 - 2.367i \times 10^5$$

$$Fg1 := Up^T \cdot \left[dTg1 \cdot U(\omega) - \begin{pmatrix} E \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \right] = 443.077 + 24.615i$$

$$Fg2 := Up^T \cdot (dTg2 \cdot U(\omega)) = 18.935 + 274.556i$$

$$Fg3 := Up^T \cdot (dTg3 \cdot U(\omega)) = 568.047 + 236.686i$$

Нормируем значения

$$Fg1norm := \frac{G1}{U2} \cdot Fg1 = 0.627 + 0.035i \quad Fc1norm := \frac{C1}{U2} \cdot Fc1 = -0.627 - 0.035i$$

$$Fg2norm := \frac{G2}{U2} \cdot Fg2 = 0.027 + 0.388i \quad Fc2norm := \frac{C2}{U2} \cdot Fc2 = -0.027 - 0.388i$$

$$Fg3norm := \frac{G3}{U2} \cdot Fg3 = 0.803 + 0.335i \quad Fc3norm := \frac{C3}{U2} \cdot Fc3 = -0.803 - 0.335i$$

Найдем общую чувствительность:

$$Fg1norm + Fg2norm + Fg3norm + Fc1norm + Fc2norm + Fc3norm = 0$$

Многопараметрическая чувствительность (наихудший случай)

$$\text{МЧНС} := |\text{Fg1norm}| + |\text{Fg2norm}| + |\text{Fg3norm}| + |\text{Fc1norm}| + |\text{Fc2norm}| + |\text{Fc3norm}| = 3.774$$

Найдем изменение $U_{\text{вых}}$ при допуск на величины параметров или элементов 10%.

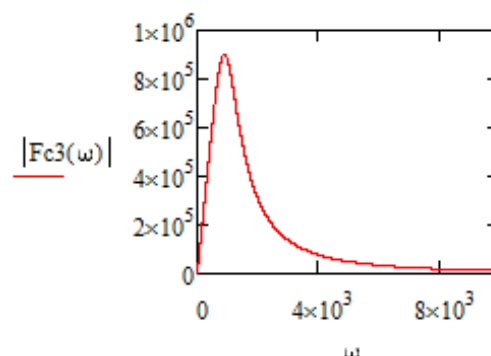
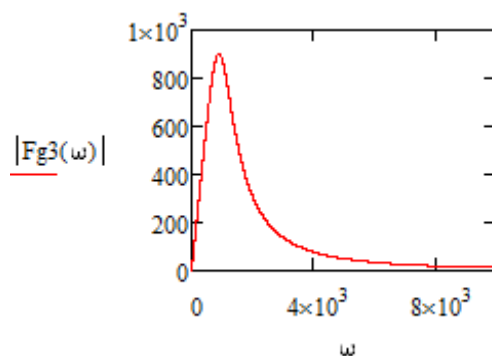
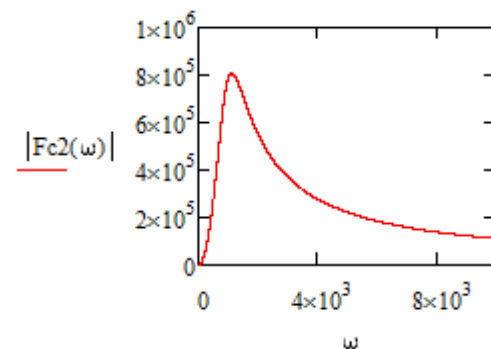
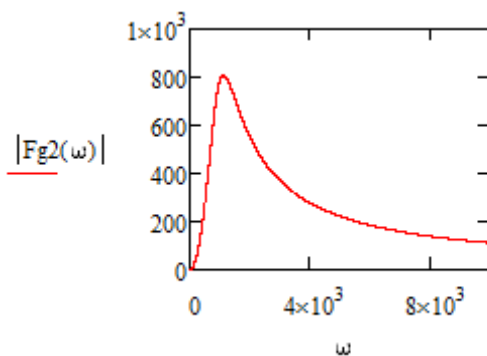
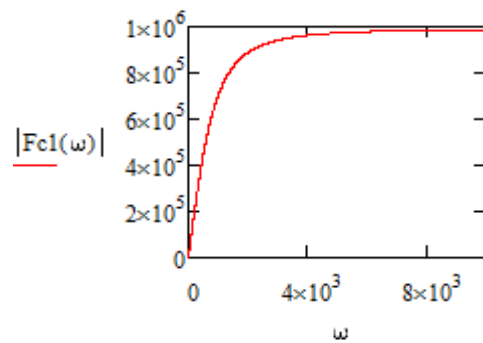
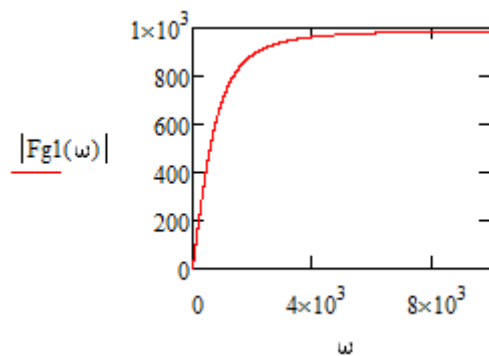
$$\Delta U_{\text{out}} := U_2 \cdot \text{МЧНС} \cdot 0.1$$

$$\Delta U_{\text{out}} = 0.267$$

Следовательно, в наихудшем случае при допуск 10% выходное напряжение.

$$U_{\text{out}} = 1 \pm 0.267 \text{ В}$$

Построение графиков зависимости чувствительности от частоты для каждого элемента



1.6 Исследование схемы с помощью метода Монте-Карло

Рассмотренные методы проектирования позволяют получить схемы, удовлетворяющие заданным требованиям и возможно, оптимизированные по критерию низкой чувствительности. Напомним, однако, что чувствительность является мерой только первого порядка и неполностью характеризует цель при больших изменениях параметров. Поэтому, прежде чем переходить к массовому производству, обычно проводят анализ методом Монте-Карло. При моделируются условия производства и окружающей среды с учетом таких факторов, как разброс параметров элементов, взаимное влияние, старение, температура, влажность и т.д. Определенное схем(обычно от 100 до 300) "производят" на ЭВМ при параметрах, выбираемых случайным образом в соответствии с их статистическими распределениями. Затем проводится анализ цепи и результаты сводятся в таблицы. При необходимости можно также моделировать влияние старения и окружающей среды. Затем проводится статистический анализ результатов этих машинных экспериментов для определения пригодности разработанной схемы к массовому производству и к эксплуатации в реальных условиях.

Анализ методом Монте-Карло требует выбора параметров компонентов в соответствии с их распределениями. В математическом обеспечении большинства ЭВМ имеются стандартные программы генерации случайных чисел с подчиняющихся нормальному или равномерному распределению. Равномерное распределение можно использовать для генерации случайных чисел с произвольным законом распределения, если применить интегральное преобразование обратной вероятности, которое устанавливает, что если r -случайное число, равномерно распределенное от нуля до единицы, а число xi таково, что

$$F(xi) = ri$$

то xi будет случайное числом с интегральной функцией распределения $F(xi)$.

Среднее по выборкам $\bar{y}$ и стандартное отклонение s рассчитываются следующим образом:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$
$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{N-1} (\sum_{i=1}^N y_i^2 - N\bar{y}).$$

Они используются для оценки соответственно среднего значения и дисперсии случайной переменной. Среднее значение распределения μ_y не равно $\bar{y}$, так значение $\bar{y}$ получают случайной выборкой. Различие между μ_y и $\bar{y}$ также является случайной величиной, и для достаточно больших N для нее можно получить доверительный интервала в виде формулы.

$$\text{Вероятность}\{\mu_y - \mu_y \leq s U_{\alpha/2} / \sqrt{N}\} = 1 - \alpha$$

где величину $(1-\alpha)$ называют доверительным уровнем, а ордината $U_{\alpha/2}$ такова, что площадь под стандартной кривой нормального распределения от $U_{\alpha/2}$ до ∞ равна $\alpha/2$. Обычно в инженерной практике используется 95%-ный доверительный уровень, соответствующий $U_{\alpha/2} = 1.96$. Таким образом, результат эксперимента для этого случая можно сформулировать следующим образом: вероятность того, что выборочное и действительное средние значения отличаются не более чем на $1.96s/\sqrt{N}$, равна 95%.

Заметим, что отклонение уменьшается как $1/\sqrt{N}$, и потребуется в четыре раза увеличить число выборок для уменьшения отклонения вдвое. Изобретено много остроумных способов уменьшения числа выборок, достаточного для получения малого доверительного интервала.

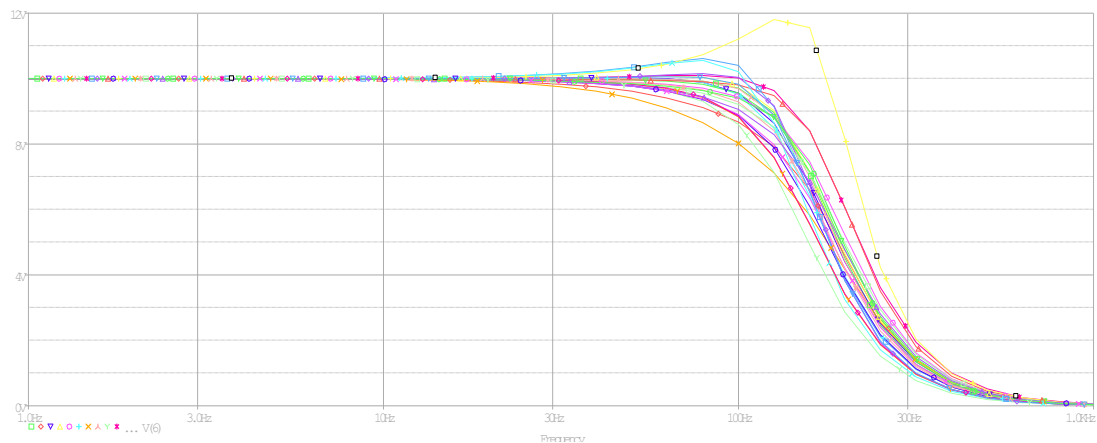
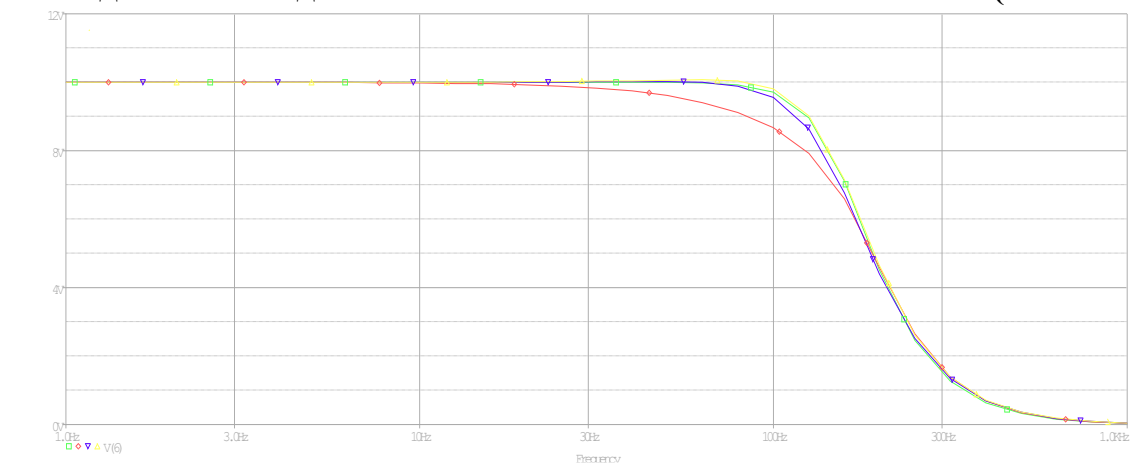
Большинство современных пакетов машинных программ анализа цепей включает метод Монте-Карло.

Operation

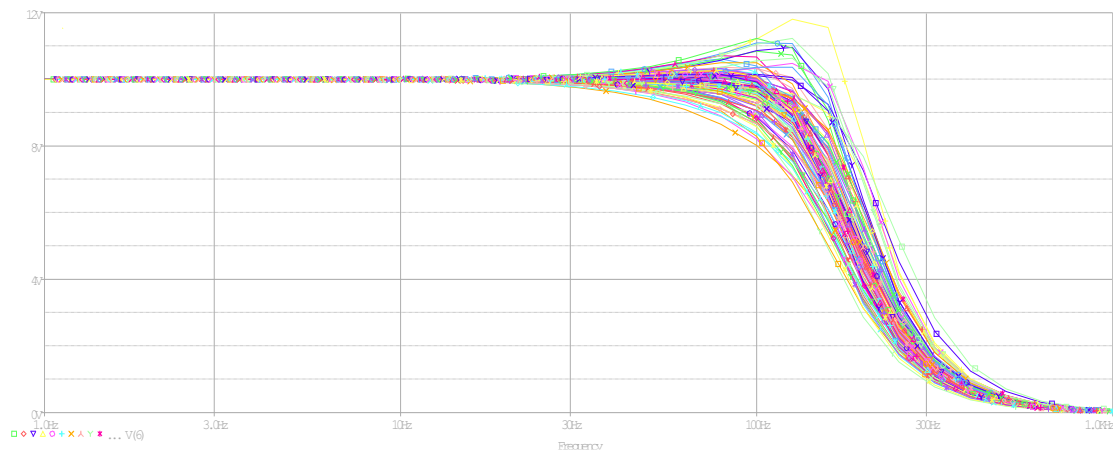
```
V1 1 0 sin [0 15 100] AC 1
.MODEL RG RES(R=1 DEV/GAUSS 10%)
.MODEL CG CAP(C=1 DEV/GAUSS 10%)
R1 1 2 RG 1K
C1 2 0 CG 1U
R2 3 4 RG 1K
C2 4 7 CG 1U
R3 5 6 RG 1K
C3 6 0 CG 1U
V2 10 0 12
V3 11 0 -12
X1 2 3 10 11 3 ad648a
.LIB OPAMP.LIB
X2 4 5 10 11 5 ad648a
.LIB OPAMP.LIB
X3 6 7 10 11 7 ad648a
.LIB OPAMP.LIB
.AC DEC 10 1 1000
.TRAN 1m 80m
.PLOT AC V(6)
```

```
.PRINT TRAN V(6)
.MC 4 AC V(6)  YMAX OUTPUT ALL
.PROBE
.END
```

АЧХ для N исследований с классом точности Элементов(N-4 Δ -10%)



АЧХ для N исследований с классом точности Элементов(N-25 Δ -10%)



Пример 1. Произведем статистический анализ работоспособности математической модели ФНЧ 3-го порядка методом Монте-Карло в среде ППП PSPICE. Выполнено 20 прогонок, в каждой из которых величины параметров компонентов схемы случайным образом распределялись по нормальному закону в пределах задаваемых технологических допусков: 1%, 5%, 10%. Поскольку ФНЧ имеет контур положительной обратной связи, предварительно был произведен расчет чувствительности выходного напряжения к вариации величины параметров элементов схемы фильтра разденл чувствит.

Требуется найти оценку $\tilde{m}$ для математического ожидания величины $Y = \{y_i\}$, полученной в n опытах, и построить доверительный интервал, соответствующий доверительной вероятности $\beta = 0.9$. В качестве случайной величины Y взяты значения АЧХ на частоте среза $\omega = 169$ Гц.

Таблица отсчетов 4.6.1

i	y_i	i	y_i	i	y_i	i	y_i	i	y_i
1	0.704	5	0.735	9	0.635	13	0.693	17	0.675
2	0.706	6	0.696	10	0.748	14	0.693	18	0.690
3	0.693	7	0.675	11	0.704	15	0.735	19	0.635
4	0.693	8	0.690	12	0.706	16	0.696	20	0.701

Решение. Имеем для $n = 20$.

$$\tilde{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad \tilde{m} = 0.66$$

Выберем в качестве начала отсчета значение АЧХ при номинальных параметрах на частоте среза, равное 0,707 и найдем оценку дисперсии $\tilde{D}$ относительно этого числа.

$$\tilde{D} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{m})^2, \quad \tilde{D} = 0.027$$

По заданной доверительной вероятности $\beta = 0.9$ из таблицы 4.6.2 находим $t_\beta = 1.643$;

β	t_β	β	t_β	β	t_β	β	t_β
0.80	1.282	0.86	1.475	0.92	1.750	0.98	2.325
0.81	1.310	0.87	1.513	0.93	1.810	0.99	2.576
0.82	1.340	0.88	1.554	0.94	1.880	0.9973	3.000
0.83	1.371	0.89	1.597	0.95	1.960	0.999	3.290
0.84	1.404	0.90	1.643	0.96	2.053		
0.85	1.439	0.91	1.694	0.97	2.109		

Среднее квадратичное отклонение $\tilde{\sigma} = \sqrt{\tilde{D}/n}$, $\tilde{\sigma} = 0.037$.

По формуле находим $\varepsilon = \tilde{\sigma}t_\beta = 0.061$.

Доверительные границы

$$\text{Левая - } m_a = \tilde{m} - \varepsilon = 0.599 ;$$

$$\text{Правая - } m_b = \tilde{m} + \varepsilon = 0.721 .$$

Доверительный интервал

$$I_\beta = (0.599, 0.721)$$

Значения параметра m , лежащие в этом интервале, являются совместимыми с опытными данными, таблица 4.6.2.

Другой стороной поставленной выше задач является определение минимального числа проводимых опытов, достаточных для получения достоверных результатов при статистической обработке опытных данных т.е. необходимо найти число n , необходимое для попадания среднего значения случайной величины с заданной доверительной вероятностью в заданный доверительный интервал.

Согласно вышеприведенным соотношениям, для достаточно больших n можно записать доверительный интервал в виде формулы:

$$P\{|m - \tilde{m} \leq \sigma t_\beta / \sqrt{n} |\} = 1 - \alpha = \beta$$

Обычно в инженерной практике используется 95% доверительный уровень $(1 - \alpha)$, соответствующий $t_\beta = 1.96$ (см.таб.для $\beta = 0.95$). Таким

образом, результат эксперимента для этого случая можно сформулировать следующим образом: вероятность того, что выборочное и действительное средние значения отличаются не более чем $1.96\sigma/\sqrt{n}$, равна 95%

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

Студент:

Группа	ФИО
150A20	Ма Юйбо

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</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>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	Ма Юйбо		

Томск – 2016 г.

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.1 Планирование научно-исследовательских работ.

5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.

Таблица 5.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Анализ используемых средств и методов	
	9	Систематизация и оформление информации	
Оценка полученных результатов	10	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	11	Заключение	руководитель, студент

5.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

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

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 4 работ требуются специалисты:

инженер (И);

научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

5.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 12$).

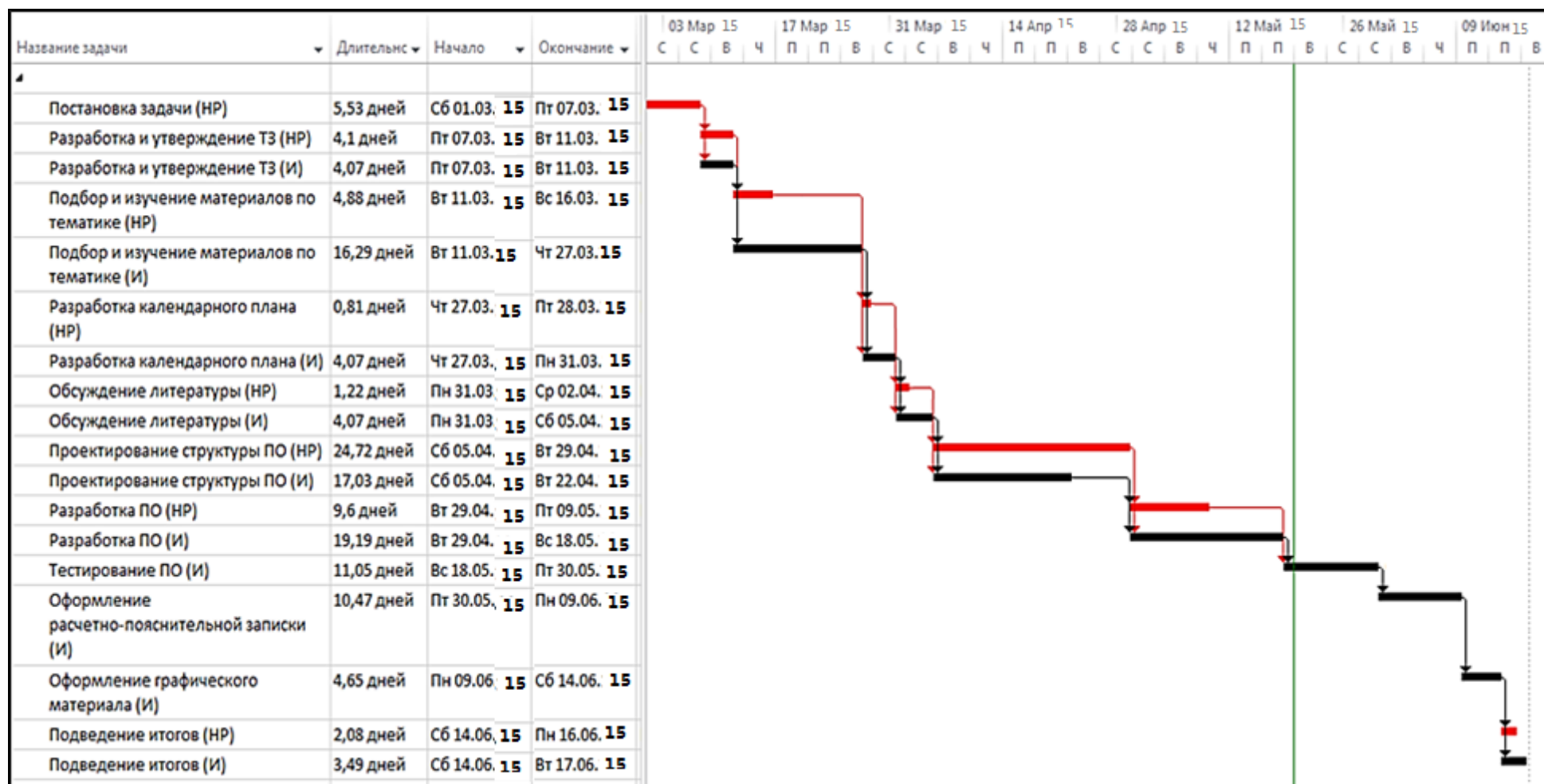
В таблице 5 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 5.2 – График проведения научного исследования

Этап	Исполнитель и	Продолжительность работ, дни						Длительность работ, чел/дн.							
								T_{Pi}				T_K			
		t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$		НР		И		НР		И	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп.2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Постановка задачи	НР	3	10	5	13	3,8	11,2	4,56	4,03	–	13,4 4	5,53	4,88	–	16,2 8
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	12	4	15	2,8	13,2	0,34	7,92	3,36	15,8 4	0,41	9,6	4,07	19,1 9
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	13	20	11,2	17	4,03	20,4	13,4 4	14,2 8	4,88	24,7 2	16,2 8	17,3
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	4	5	2,8	3,8	0,67	4,56	3,36	–	0,81	5,53	4,07	–
Обсуждение литературы	НР, И	2	6	4	9	2,8	7,2	1,01	–	3,36	8,64	1,22	–	4,07	10,4 7
Проектирование структуры ПО	НР, И	15	10	20	13	17	11,2	20,4	4,03	14,2 8	13,4 4	24,7 2	4,88	17,3	16,2 8
Разработка ПО	НР, И	12	15	15	20	13,2	17	7,92	20,4	15,8 4	14,2 8	9,60	24,2 7	19,1 9	17,3

Тестирование ПО	И	6	2	10	4	7,6	2,8	-	0,67	9,12	3,36	-	0,81	11,0 5	4,07
Оформление расчетно- пояснительной записки	И	6	15	9	20	7,2	17	-	20,4	8,64	14,2 8	-	24,7 2	10,4 7	17,3
Оформление графического материала	И	2	3	5	5	3,2	3,8	-	4,56	3,84	—	-	5,53	4,65	—
Подведение итогов	НР, И	2	2	3	4	2,4	2,8	1,72	0,67	2,88	3,36	2,08	0,81	3,49	4,07
Итого:						74	78	40,6 5	50,2 3	78,1 2	90,2 1	49,2 7	60,2	94,6 8	80,6 5

Таблица 5.3 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме



На основе табл 5.2 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 5 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

5.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (6)$$

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, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

Таблица 5.4 - Материальный затраты

Наименования и марка материалов.	Норма расхода	Оптовая цена, руб./ед.	Суммарные затраты, руб.
Стеклотекстолит, дмЗ	3	11	33
Хлористое железо, л	0.2	50	10
Припой ПОС61, кг	0.03	700	21
Флюс ЛТИ- 120, кг	0.015	1200	18
Болты, винты, гайки	25	0.5	12.5
Итого		96.95	
Итого с учетом с учетом транспортных расходов (+3%)		99.86	

Затраты на основные материалы с учетом стоимости

возвратных отходов:

$$C_{\text{ом}} = 99.86 - 99.86 \cdot 0.15 = 84.88(\text{руб.}) \quad (7.12)$$

Затраты на вспомогательные материалы (таблица 7.4.)

составляют 10% от стоимости основных материалов:

$$C_{\text{МВ}} = 0.1 \cdot 84.88 = 8.49(\text{руб.}) \quad (7.13)$$

5.2.2 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 таблице.

Таблица 5.5 Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.,		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.	
			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	1,6		3,2	3,2
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	2,5		2,5	2,5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	4,4		4,4	4,4

4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	3,6	3,6	7,2
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	3,6	7,2	7,2
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	0,8	8	8
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4,4	13,2	17,6
8.	Выявление достоинств и недостатков теоретических средств измерений	Студент	4	6	0,9	3,6	5,4
9.	Выявление достоинств и недостатков практически используемых средств измерений	Студент	2	3	0,8	1,6	2,4
10.	Изучение результатов	Студент	2	3	0,8	1,6	2,4
11.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	4,4	8,8	8,8
12.	Вывод по цели	Студент	3	3	0,8	2,4	2,4
Итого:						60,1	71,5

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (7)$$

$$Z_{доп} = (60100+71500) \cdot 0,12 = 15792$$

$$Z_{полн} = 60100 + 71500 + 15792 = 147392$$

где : $K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

5.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = \kappa_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (8)$$

$$З_{внеб} = 147392 \cdot 0.3 = 44217.6$$

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

На 2016 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 2016 году водится пониженная ставка – 30%.

5.2.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\sum статей) \cdot \kappa_{нр}, \quad (9)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $З_{накл} = 194461,6 \cdot 0,16 = 31113,856$ руб.

5.2.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 4.7 . Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
	Исп.1 и Исп.2
Материальные затраты НИИ	2852
Затраты на специальное оборудо- вание для научных (эксперимен-тальных) работ	-
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	131600
Затраты по дополнительной зара- ботной плате исполнителей темы	15792
Отчисления во внебюджетные фонды	44217.6
Накладные расходы	31113,856
Бюджет затрат НИИ	225575,456

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (10)$$

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).

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (11)$$

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

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

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.8. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Надежность	0,2	4	4
2. Универсальность	0,2	4	4
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4

4.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	5
5.Ремонтопригодность	0,1	5	5
6. Энергосбережение	0,15	4	4
ИТОГО	1	4,3	4,15

Таблица 4.9. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	5,625	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,64	0,51

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности