

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки – 11.03.04 Электроника и микроэлектроника  
Кафедра промышленной и медицинской электроники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Плата расширения для программно-аппаратного комплекса по цифровой обработке сигналов</b>

УДК 621.373.5:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Брагина Алина Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	С. Н. Торгаев	Кандидат физико – математических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Н.О. Чистякова	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф. А. Губарев	Кандидат физико – математических наук		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное

	высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с 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

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки – 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой Губарев Ф.А.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Брагиной Алине Дмитриевне

Тема работы:

«Плата расширения для программно-аппаратного комплекса по цифровой обработке сигналов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

Разработать плату расширения для программно-аппаратного комплекса по изучению цифровых фильтров в рамках дисциплины "Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов".

**Исходные данные:**

- Источник питания: +12В, 0.5А

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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></p>	<p><b>Литературный обзор:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• генераторы синусоидального сигнала</li> <li>• генераторы треугольного сигнала</li> </ul> <p><b>Разработать плату расширения, которая включает в себя:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Генератор синусоидального сигнала с частотой 5 кГц и наложенными помехами с частотами 20 и 50 кГц.</li> <li>• Генератор синусоидального сигнала с переменной частотой – 2-35 кГц</li> <li>• Генератор сигнала треугольной формы с частотой – 0,5 – 5 кГц.</li> <li>• Генератор сигнала треугольной формы с наложенной помехой с частотой 20 кГц</li> <li>• Вспомогательный источник питания, который обеспечивает +12В и -12В.</li> <li>• Преобразователь USB-UART.</li> <li>• Заключение</li> </ul>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• структурная схема платы расширения</li> <li>• трассировка печатной платы расширения</li> <li>• внешний вид разработанного макета платы</li> <li>• экспериментальные осциллограммы</li> <li>• принципиальная схема платы расширения</li> </ul>
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и реурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику**

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	С.Н. Торгаев	Кандидат физико – математических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А21	Брагина Алина Дмитриевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 111 с., 43 рис., 20 табл., 28 источников, 4 прил.

Ключевые слова: плата расширения, печатная плата, генератор сигнала, вспомогательный источник питания, преобразователь USB-UART.

Объектами исследования являются генераторы сигналов определенной формы, в частности, синусоидальной и треугольной.

Цель работы – разработка платы расширения для программно-аппаратного комплекса по изучению цифровых фильтров в рамках дисциплины “Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов”

В процессе исследования проводилась разработка печатной платы расширения для лабораторного комплекса по проектированию цифровых фильтров различного типа с использованием как программных, так и аппаратных приложений.

В результате исследования был разработан макет печатной платы расширения. Экспериментально была подтверждена работоспособность разработанного макета.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- Генератор синусоидального сигнала с переменной частотой – 2-35 кГц
- Генератор сигнала треугольной формы с частотой – 0,5 – 5 кГц.
- Генератор сигнала треугольной формы с наложенной помехой с частотой 20 кГц
- Вспомогательный источник питания, который обеспечивает +12В и -12В.
- Преобразователь USB-UART.

Степень внедрения: разработанная плата расширения для программно-

аппаратного комплекса будет внедрена в курс лабораторных работ по дисциплине “Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов”.

Область применения: данная плата расширения может применяться в учебном процессе, а также в других исследованиях.

В будущем планируется внедрить в курс лабораторных работ по дисциплине “Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов” программно – аппаратный комплекс по цифровой обработке сигналов, в который входит плата расширения.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
2. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
3. ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности»
4. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»
5. ГОСТ 17.2.1.01-76 «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу»
6. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Генераторы - схемы, которые производят периодические колебания различных форм, например, прямоугольные, треугольные, пилообразные и синусоидальные.

Вариометр – катушка переменной индуктивности.

Варикап - конденсаторы, основанные на р-п-переходе, емкость которых управляется напряжением.

Эмиттерный повторитель – схема включения биполярного транзистора с общим коллектором.

Кварцевые генераторы — это устройства, построенные на кварцевых резонаторах.

«Обозначения и сокращения»:

ОС – обратная связь, ЧИЦ – частотно-избирательная цепь, У – усилитель, ОУ – операционный усилитель, ВИП – вспомогательный источник питания.



## Оглавление

Введение	
Глава 1. Обзор литературы	
1.1. Генераторы синусоидальных сигналов	
1.1.1. Обобщенная схема синусоидального генератора	
1.1.2. RC-генераторы синусоидального напряжения	
1.1.3. LC-генераторы синусоидального напряжения	
1.1.4. Генераторы на пьезокерамических фильтрах	
1.1.5. Кварцевые резонаторы и генераторы	
1.2. Генераторы треугольного сигнала	
1.2.1. ГПН на основе интегрирующей цепи	
1.2.2. ГПН с токостабилизирующим двухполюсником	
1.2.3. Генератор пилообразного сигнала на операционном усилителе	
Глава 2. Разработка структурной и принципиальной схемы	
2.1. Структурная схема платы расширения	
2.2. Принципиальная схема платы расширения	
2.2.1. Принципиальная схема генератора синусоидального сигнала с помехой	
2.2.2. Принципиальная схема генератора синусоидального сигнала с переменной частотой	
2.2.3. Принципиальная схема генератора треугольных импульсов	
2.2.4. Принципиальная схема генератора треугольных импульсов с помехой	
2.2.5. Принципиальная схема блока согласования и сглаживающего фильтра	
2.2.6. Принципиальная схема вспомогательного источника питания	

Глава 3. Экспериментальное исследование платы расширения	
3.1. Вспомогательный источник питания	
3.2. Плата с генераторами сигналов	
3.3. Преобразователь USB-UART	
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений	
4.1.3. Технология QuaD	
4.1.4. SWOT-анализ	
4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	
4.3. Планирование научно-исследовательских работ	
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	
4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	
4.3.4.1. Расчет материальных затрат НТИ	
4.3.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	
4.3.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	
4.3.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	
4.3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	
4.3.4.6. Накладные расходы	

4.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	
Глава 5. Социальная ответственность	
5.1. Производственная безопасность	
5.1.1. Отклонение показателей микроклимата	
5.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	
5.1.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	
5.1.4. Протекание электрического тока	
5.2. Экологическая безопасность	
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	
Заключение	
Список публикаций	
Список использованной литературы	
Приложение 1. Параметры микросхем	
Приложение 2. Принципиальная схема платы расширения	
Приложение 3. Принципиальная схема преобразователя USB-UART	
Приложение 4. Перечень элементов	

## Введение

На сегодняшний день цифровая обработка сигналов находит широкое применение практически во всех отраслях науки и техники. Системы цифровой обработки сигналов являются неотъемлемой частью в таких областях как телекоммуникация, системы обработки изображений, звукозапись, мобильная связь, различная медицинская аппаратура и т.д. В связи с этим знание принципов расчета, проектирования и построения систем цифровой обработки аналоговых сигналов инженерами-электронщиками является необходимым.

На кафедре Промышленной и медицинской электронике ИНК ТПУ существует ряд курсов, посвященных этим вопросам. Например, “математические основы обработки сигналов”, “Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов”. В рамках первого курса студенты изучают теорию цифровых фильтров. Второй же курс посвящен практической реализации систем цифровой обработки сигналов с использованием современных микроконтроллеров, таких как TMS320F28335 или STM32F407VG.

Данная работа посвящена разработке платы расширения для программно-аппаратного комплекса по изучению принципов построения систем цифровой обработки сигналов. Результаты работы лягут в основы лабораторных работ по курсу “Аппаратные и программные средства обработки аналоговых сигналов”. В ходе выполнения лабораторных работ студентам необходимо будет разработать систему цифровой фильтрации тестовых сигналов с возможностью автоматической перестройки параметров фильтра на микроконтроллере STM32F407VG.

Представленная в работе плата расширения содержит в себе следующие составляющие: генератор синусоидального сигнала с помехой, генератор синусоидального сигнала с переменной частотой, генератор треугольного сигнала с переменной частотой, генератор треугольного

сигнала с переменной частотой и наложенной помехой, блок согласования ЦАП микроконтроллера и сглаживающего фильтра, вспомогательный источник питания, преобразователь USB-UART.

В данной работе представлены результаты разработки платы расширения для лабораторного комплекса по цифровой обработке сигналов. Приведена структурная схема платы, а также экспериментальные осциллограммы по получению сигналов различной формы с наложенными высокочастотными гармоническими помехами.

# Глава 1. Обзор литературы

## 1.1. Генераторы синусоидальных сигналов

*Генераторами* являются такие схемы, которые производят периодические колебания различных форм, например, прямоугольные, треугольные, пилообразные и синусоидальные. В генераторах обычно применяются различные активные компоненты, лампы или кварцевые резонаторы, а так же пассивные - резисторы, конденсаторы, индуктивности. Генераторы, формирующие синусоидальные колебания, называются *генераторами синусоидальных*, или *гармонических колебаний*.

Широкое применение генераторов синусоидальных сигналов в тестировании и отладке различных электронных устройств объясняется тем, что они представляют собой простые изменяющиеся сигналы с постоянными параметрами – амплитудой, частотой и фазой. С помощью изменения этих параметров можно осуществлять модуляцию синусоидальных сигналов и впоследствии использовать для передачи определенной информации. На данном эффекте основаны многочисленные сферы применения синусоидальных сигналов в технике для электросвязи, а также радиотехнике.

Существует несколько видов генераторов синусоидальных сигналов:

1. Низкочастотные RC-генераторы.
2. Высокочастотные LC-генераторы.
3. Генераторы с пьезокристаллическими резонаторами.
4. Кварцевые генераторы

### 1.1.1. Обобщенная схема синусоидального генератора

Большинство генераторов синусоидальных сигналов основываются на схеме, изображенной на рис.1.1.

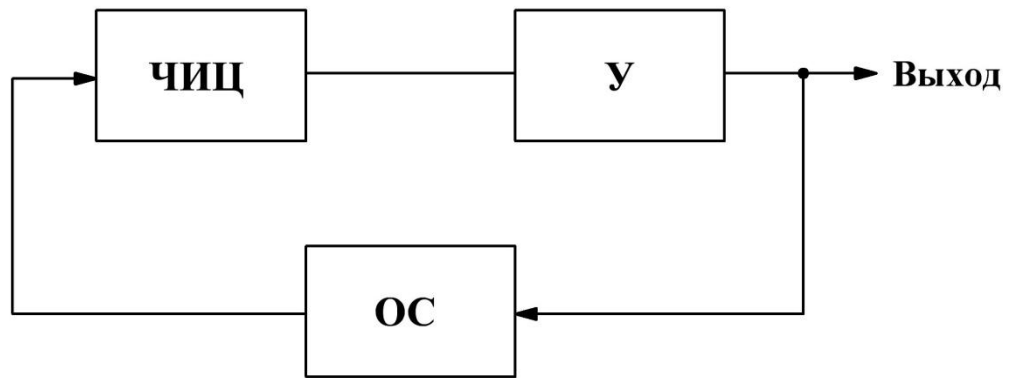


Рис. 1.1. Обобщенная схема генератора синусоидального сигнала

Основой генератора является частотно-избирательная цепь *ЧИЦ* и усилитель *У*, охваченные через цепь обратной связи *ОС*. *ЧИЦ* может представлять собой RC-цепи, колебательные LC-контуры, пьезоэлектрические и кварцевые резонаторы и так далее. Также необходимо учитывать то, что усилитель должен питаться от источника электрической энергии. В качестве него обычно используют источники постоянного напряжения.

Колебания в системе, изображенной на рисунке 1.1, возникают только при следующих одновременно выполняемых условиях:

1) *баланс фаз* — на частоте колебаний общий фазовый сдвиг, создаваемый усилителем *У* и звеном обратной связи *ОС*, должен быть равен 0 или кратен  $2\pi$  (или обратная должна быть положительной);

$$\varphi_U + \varphi_{OC} = 2\pi n \quad (1.1)$$

2) *баланс амплитуд* — петлевой коэффициент передачи звена обратной связи на частоте колебаний должен быть равен или больше 1 (при единичном коэффициенте передачи наступает генерация колебаний с неизменной амплитудой).

$$|K_U| \times |K_{OC}| \geq 1 \quad (1.2)$$

где  $K_U$  — коэффициент усиления усилителя *У*,  $K_{OC}$  — коэффициент передачи звена обратной связи *ОС*.

### 1.1.2. RC-генераторы синусоидального напряжения

RC-генераторы используются для генерирования низких и сверхнизких частот, а также радиочастот в диапазоне от 2 до 5 МГц.

На рисунке 1.2 показана одна из наиболее распространенных схем RC-генератора с Г-образной ЧИЦ, образованной с помощью последовательной (R4C2) и параллельной (C1R3) RC-цепи.

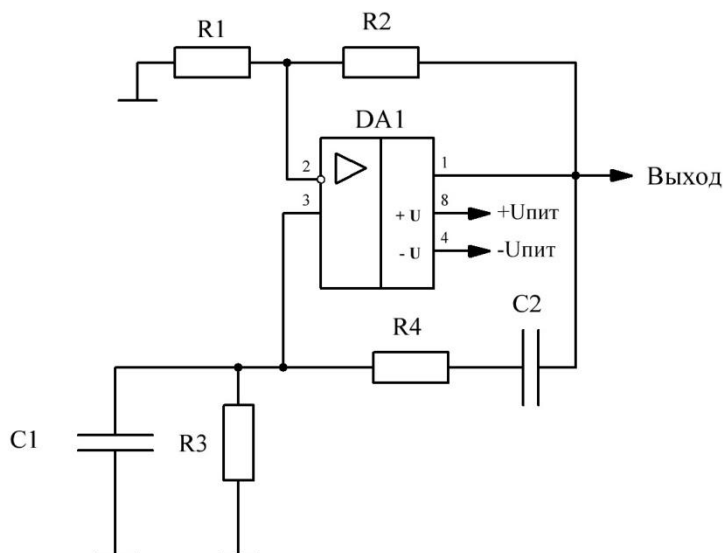


Рис. 1.2. Наиболее распространенная схема RC-генератора на операционном усилителе

Для упрощения расчета и последующей подстройки RC-генератора, обычно принимают попарно равными номиналы резисторов и конденсаторов в последовательной и параллельной ЧИЦ ( $R_3=R_4=R$ ,  $C_1=C_2=C$ ). Тогда частота генерации будет равна:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3R_4C_1C_2}} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1.3)$$

В этом случае цепь положительной ОС на частоте квазирезонанса  $f_0$  вносит ослабление  $1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{C_2}{C_1}$ , которое равно 3. Для получения синусоидальных колебаний необходимо выполнить условие баланса амплитуд. Для этого вводится цепь отрицательной обратной связи, которая должна обеспечивать усиление усилителя на уровне чуть больше 3 (условия баланса амплитуд). За счет нелинейности усилителя достигается



стабилизация амплитуды выходного сигнала. При повышении амплитуды сигнала на выходе операционного усилителя происходит уменьшение его коэффициента усиления, и при некотором значении амплитуды устанавливается баланс амплитуд. В этом случае наступает стационарный режим, при котором генерируются почти синусоидальные колебания.

Для изменения частоты генерации используют несколько приемов. Первый из них – плавная перестройка частоты с помощью спаренного прецизионного резистора. Второй – изменение емкости конденсаторов с помощью специального переключателя (грубая подстройка).

Также существует и более дорогостоящий прием изменения частоты генерации, который осуществляется с помощью воздушного или сдвоенного пленочного конденсатора с переменной емкостью. У данного способа изменения частоты генерации имеется существенный плюс – меньший шум, поэтому такой сдвоенный конденсатор обычно используют в высококачественных генераторах синусоидального сигнала низких частот.

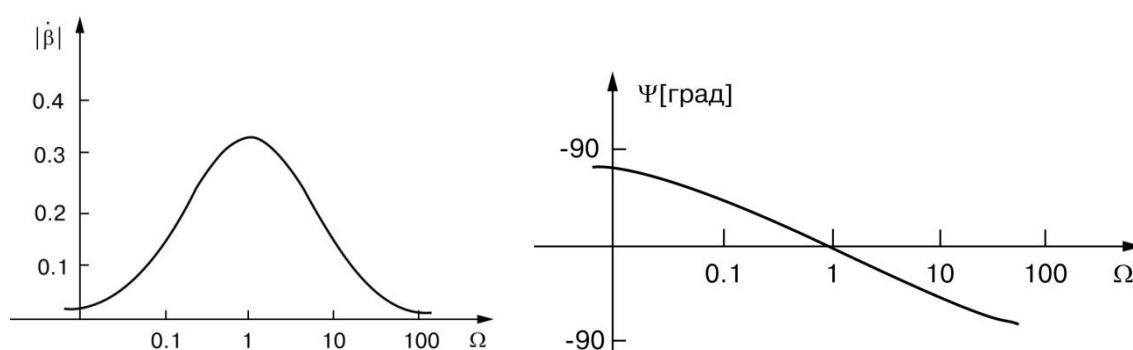


Рис. 1.3. АЧХ и ФЧХ частотно-избирательной цепи

На рисунке 1.3 изображены амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ) частотно-избирательной цепи (ЧИЦ), которые нормированы по частоте ( $\Omega = f/f_0$ ).

Исходя из данного рисунка можно сделать вывод о том, что АЧХ и ФЧХ ЧИЦ в данном генераторе синусоидального сигнала довольно пологие, по этой причине стабильность частоты не может быть высока. Данное

свойство характерно практически для всех известных схем RC-генераторов сигналов синусоидальной или почти синусоидальной формы.

Основным достоинством данных генераторов является отсутствие катушек индуктивности, которые сложны в изготовлении и имеют довольно большие размеры. Еще одним немаловажным преимуществом данного типа генераторов синусоидального сигнала является широкий диапазон изменения частоты путем вариации величины сопротивления R и емкости C в ЧИЦ.

### **1.1.3. LC-генераторы синусоидального напряжения**

Для получения частот в диапазоне от десятков кГц до сотен МГц и выше можно использовать LC-генераторы, которые основываются на высокодобротных LC-контуров. Частота последовательного или параллельного колебательного контура, на которой фазовый сдвиг становится равным нулю, обычно близка по своему значению к резонансной частоте идеального последовательного LC-контура:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.4)$$

На резонансной частоте модуль реактивного сопротивление катушки L и реактивного сопротивления емкости C равны между собой, что в последовательном LC-контуре приводит к их взаимной компенсации, таким образом, что результирующее значение сопротивления контура спадает до минимальной величины, равной последовательному сопротивлению потерь r. Однако, сопротивление параллельного LC-контура при частоте, равной резонансной, становится активным, а не реактивным, а также имеет большое значение.

Исходя из этого свойства параллельных и последовательных LC-контуров, появляется возможность изменять частоту LC-генератора путем изменения номинала емкости C или индуктивности L. Для получения выходного сигнала определенной частоты в ЧИЦ используют конденсаторы

переменной емкости, реже - катушки переменной индуктивности, называемые *вариометрами*.

Также выпускаются конденсаторы, основанные на p-n-переходе, емкость которых управляется напряжением. Такие конденсаторы называются *варикапами*. С помощью таких конденсаторов становится возможным изготовлять генераторы, которые управляются напряжением.

У LC-контуров существует параметр, называемый *добротностью*  $Q$ , который характеризует их фильтрующую способность. Добротность  $Q$  определяется, как отношение реактивного сопротивления элементов индуктивности  $L$  или емкости  $C$  к активному сопротивлению потерь  $r$  контура. Величина добротности различных радиочастотных контуров нередко достигает нескольких сотен. Также добротность  $Q$  определяет полосу частот контура  $\Delta f = f_0/Q$ . Исходя из данной формулы, становится очевидным тот факт, что при увеличении добротности  $Q$  частота генератора становится более стабильной. Стабильность частоты LC-генераторов на один или два порядка выше, чем у RC-генераторов. Однако, относительная нестабильность частоты редко получается меньшей  $10^{-4}$ .

Классическая схема автогенератора синусоидального сигнала на транзисторе, включенного по схеме с общей базой, представлена на рисунке 1.4. С помощью LC-контура задается частота генерации синусоидального сигнала. Так как схема с общей базой не инвертирует выходной сигнал, становится возможным ввести положительную обратную связь. Для этого необходимо подать сигнал с контура на эмиттер транзистора.

Данная схема, при использовании определенного транзистора и элементов LC-контура, может выдавать сигнал с частотами от десятков кГц до сотен МГц и выше. Так как входное сопротивление схемы включения транзистора с общей базой мало, то возникает необходимость в согласовании низкоомной входной цепью усилителя и высокоомной выходной цепью. Для этого необходимо использовать неполное включение контура.

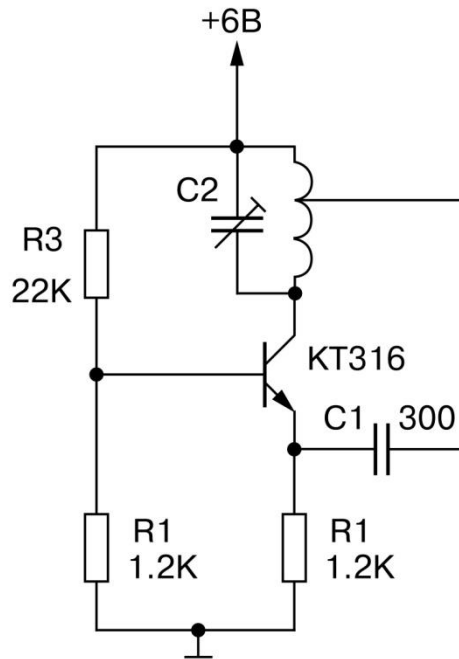


Рис. 1.4. LC-генератор на транзисторе, включенном по схеме с общей базой и контуре с неполным включением

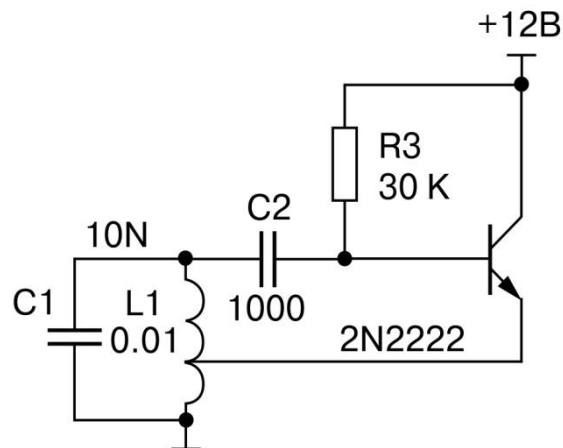


Рис. 1.5. LC-генератор на транзисторе, включенном по схеме с общим коллектором с автотрансформаторным включением контура

Существует также еще одна классическая схема LC-генератора, которая изображена на рисунке 1.5. В данной схеме используется каскад с общим коллектором, или иначе – эмиттерный повторитель. Данное включение транзистора также не инвертирует выходной сигнал, однако, коэффициент передачи у него чуть менее единицы. Так как для выполнения условия генерации сигнала необходимо соблюсти баланс амплитуд, то

необходимо в схеме использовать повышающее напряжение, а также автотрансформаторное включение колебательного контура.

Известно, что схемы включения транзистора с общим коллектором и с общей базой имеют лучшие частотные свойства по сравнению со схемой с общим эмиттером. Данное свойство обеспечивает устойчивую работу генератора синусоидального сигнала на высоких частотах.

Большинство генераторов основано на каскаде с общим эмиттером, который выдает наибольшее усиление по мощности. Не смотря на это, эта схема не является удачной для проектирования генераторов гармонического сигнала из-за более худших частотных свойств входящего в её состав биполярного транзистора. Поэтому для получения большего усиления по мощности используют схемы, построенные на полевых транзисторах, включенных по схеме с общим истоком, достоинством которых является высокое входное сопротивление.

Тем не менее, классические схемы транзисторных генераторов синусоидального сигнала имеют некоторые недостатки. Самый немаловажный из них – согласование импедансов выходной и входной цепей каскадов и LC-контура, что приводит впоследствии к автотрансформаторному включению контура или к применению отдельной катушки связи.

#### **1.1.4. Генераторы на пьезокерамических фильтрах**

В качестве колебательной системы автогенератора можно использовать не только LC-контур, также возможно применять пьезокерамические фильтры, кварцевые резонаторы и даже камертоны с электромагнитами.

На рисунке 1.6 изображены две схемы автогенераторов с пьезокерамическими фильтрами, обычно предназначенными для применения в усилителях промежуточной частоты супергетеродинных радиоприемников.

Данные фильтры выпускаются в больших количествах, поэтому они легкодоступны и дешевы. Так как фильтры обладают свойством

инвертировать входной сигнал, то для того, чтобы получить положительную обратную связь, необходимо использовать инвертирующий усилитель.

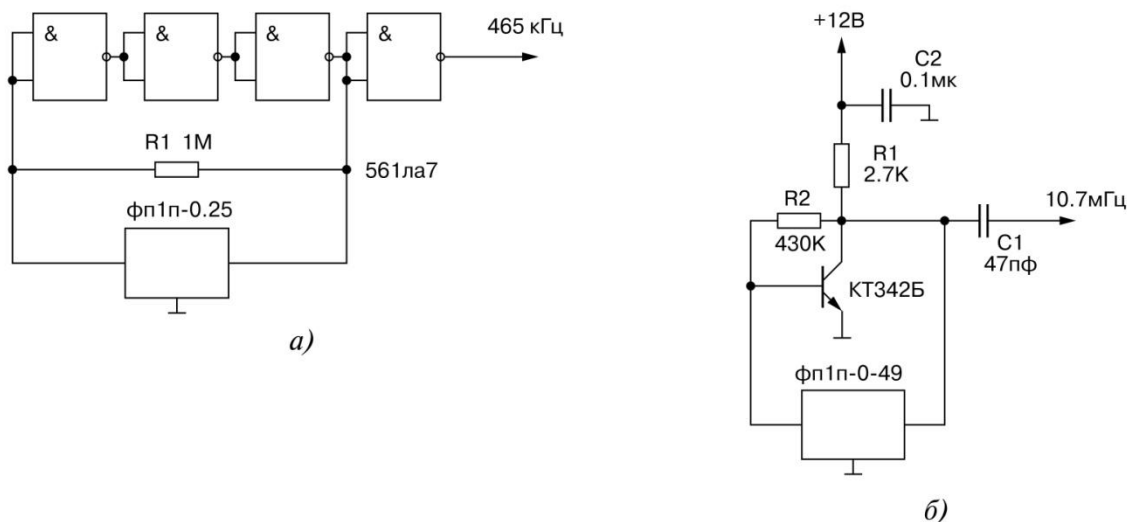


Рис. 1.6. Автогенераторы на основе пьезокерамических фильтров на частоту 465 кГц (а) и 10,7 МГц (б)

На рисунке 1.6.а. изображен генератор, усилитель которого построен на основе ТТЛ-схем, в то время как генератор, изображенный на рисунке 1.6.б. построен на биполярном транзисторе.

Добротность пьезокерамических фильтров, как резонаторов, выше добротности LC-контура, поэтому генераторы, построенные на таких фильтрах, имеют более высокую стабильность частоты, однако уступающую стабильности частоты у кварцевых генераторов.

### 1.1.5. Кварцевые резонаторы и генераторы

Генераторы с кварцевой стабилизацией (также называемые кварцевыми генераторами) используют в качестве частотно-избирательной цепи (ЧИЦ) пьезоэлектрический резонатор, который представляет собой пластину из кварца с металлизированными поверхностями. В наше время многие фирмы изготавливают такие резонаторы с частотами от нескольких килогерц до сотен мегагерц. Однако наиболее широкое распространение получили кварцевые резонаторы с частотами от десятков килогерц до десятков мегагерц.

Для кварцевого резонатора характерна следующая зависимость: чем меньше частота резонанса кварцевого резонатора, тем больше его физический размер. Кварцевые резонаторы, размещенные в корпусе с глубоким вакуумом имеют наивысшую стабильность частоты.

При приложении переменного напряжения к кварцевой пластине она начинает колебаться из-за обратного пьезоэффекта. Если его частота по своему значению приближается к частоте механических колебаний, то происходит резкое усиление механических колебаний, и из-за прямого пьезоэффекта в пластине кварца возникает электрическое поле, которое усиливает ток, протекающий через эту пластину.

При этом кварцевый резонатор ведет себя как последовательный LCR-контур с очень высокой добротностью  $Q$ , которая может достигать нескольких миллионов. Эквивалентная схема кварцевого резонатора, которая учитывает емкость обкладок пластины  $C_0$  представлена на рисунке 1.7.

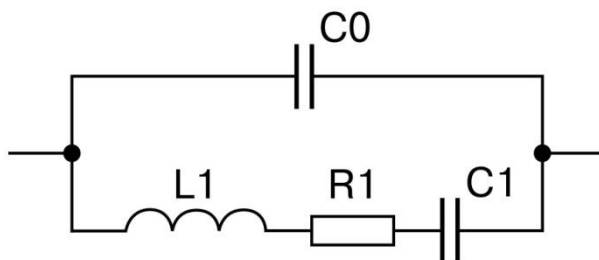


Рис. 1.7. Эквивалентная схема кварцевого резонатора

Частота последовательного кварцевого резонатора равна:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad (1.5)$$

Четверть века назад кварцевый генератор в аппаратуре считался особым шиком и применялся в сравнительно дорогих измерительных приборах для их калибровки по частоте. Но в наше время кварцевые резонаторы доступны и выпускаются в огромной номенклатуре. Так что, если нужен простой генератор на фиксированную частоту, то его нередко проще построить на миниатюрном кварцевом резонаторе, чем на более громоздком и куда более нестабильном LC-контуре. Впрочем, не стоит

забывать, что высокостабильный кварцевый резонатор стоит заметно дороже, чем LC-контур.

Кварцевые генераторы — это устройства, построенные на кварцевых резонаторах. На рисунке 1.8. изображена обобщенная схема кварцевого генератора, где в качестве частотно-избирательной цепи используется кварцевый резонатор или фильтр.

В данной схеме в качестве усилителя обычно применяют логические микросхемы, операционные усилители, триггеры Шмитта, каскады на полевых и биполярных транзисторах.

На рис. 1.8 показано несколько наиболее распространенных схем кварцевых генераторов, которые выполнены с использованием логических микросхем.

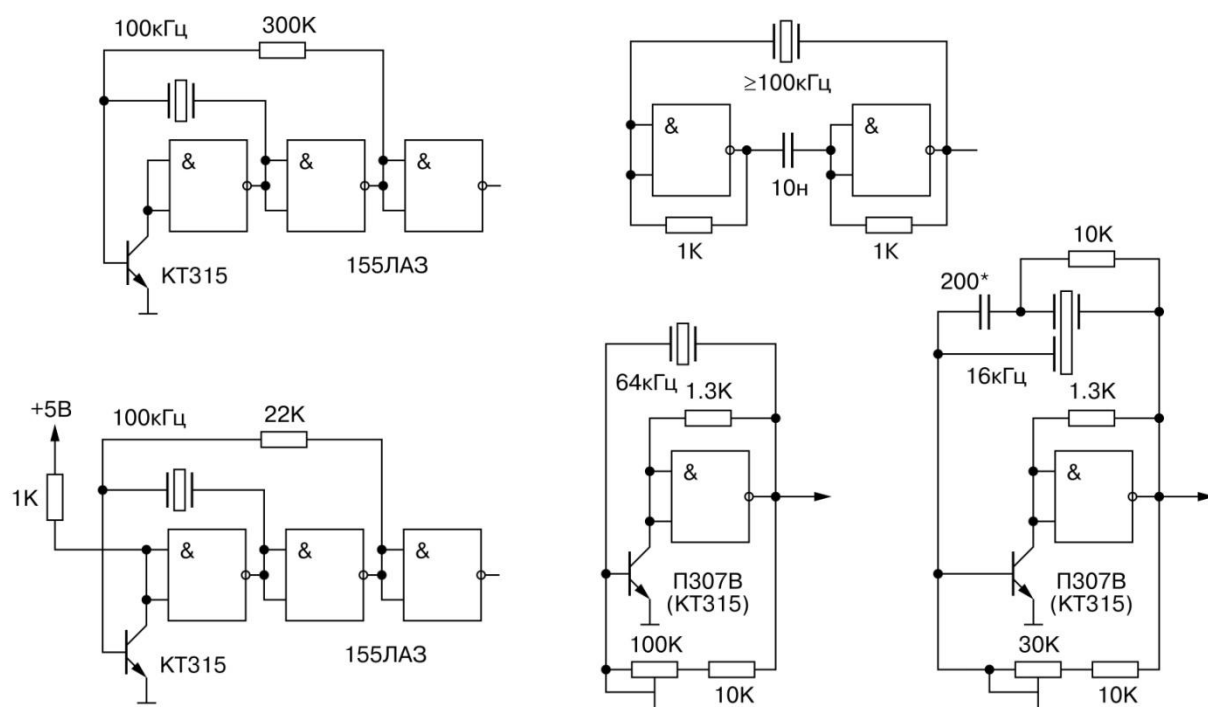


Рис. 1.8. Схемы кварцевых генераторов на логических микросхемах

Кварцевые генераторы, построенные на логических микросхемах, обычно генерируют на выходе несинусоидальное напряжение. Это выходное напряжение имеет форму, близкую к прямоугольным импульсам. Однако такие генераторы автоматически согласуются по уровням сигнала со



стандартными интегральными схемами и могут применяться для работы с ними, например, в качестве тактовых генераторов.

Довольно часто в низкочастотных схемах кварцевых генераторов используются и

операционные усилители. На рисунке 1.9. изображена схема кварцевого генератора, построенная на операционном усилителе. В качестве питания операционного усилителя используется один источник, что упрощает разработку и реализацию таких схем.

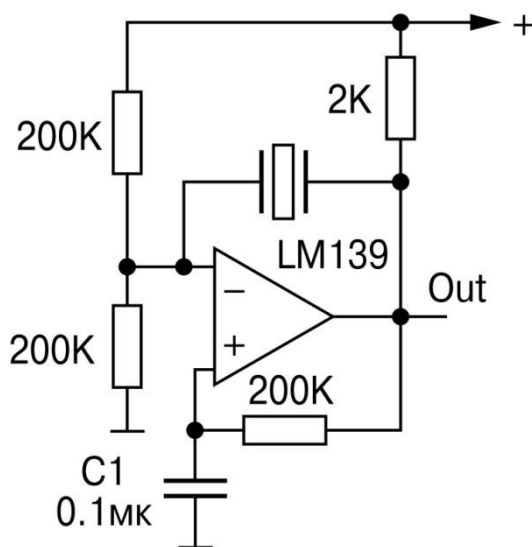


Рис. 1.9. Схема кварцевого генератора на интегральном операционном усилителе

В наше время операционные усилители выпускаются почти для всех частот, которые могут генерировать кварцевые резонаторы. Однако, если необходимо сконструировать высокочастотный кварцевый генератор на операционном усилителе, то необходимо использовать высокочастотный операционный усилитель. Так как такие усилители достаточно дороги, то это ограничивает их использование при разработке кварцевых генераторов.

Биполярные транзисторы по-прежнему являются наиболее приемлемыми для проектирования схем кварцевых генераторов, так как они достаточно дешевы и имеют достаточно высокую частоту работы (сотни МГц).

Это делает построение кварцевых генераторов на них экономически оправданным, чем на интегральных микросхемах.

На рисунке 1.10. изображена типичная схема кварцевого генератора, построенная на биполярном транзисторе. Благодаря настройке контура на пятую гармонику кварца с частотой 5,6 МГц генерируется частота 28 МГц. Разумеется, подобную схему можно использовать и для генерации на других гармониках, в том числе и на первой.

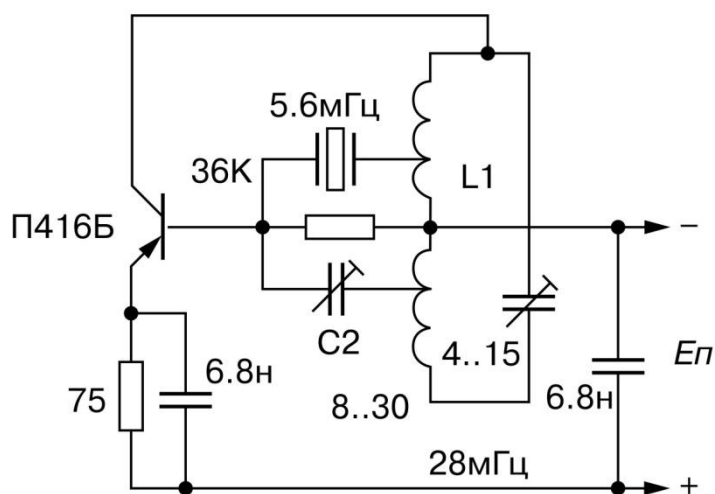


Рис. 1.10. Схема кварцевого генератора на интегральном операционном усилителе

## 1.2. Генераторы треугольного сигнала

*Генераторы пилообразного напряжения* (ГПН) обычно используются для получения временных задержек импульсных сигналов, создания сигналов развёртки электронного луча на экране электронно-лучевых трубок, модуляции импульсов по длительности и т.д.

Для того, что охарактеризовать линейно изменяющееся напряжение вводятся следующие параметры:

- начальный уровень  $U_0$
- амплитуда  $U_m$
- время прямого хода  $t_{пх}$
- время обратного хода  $t_{ох}$

- коэффициент нелинейности  $\varepsilon$

Коэффициент нелинейности описывает изменение скорости нарастания напряжения за время прямого хода  $t_{\text{пх}}$  и описывается следующим выражением:

$$\varepsilon = \frac{\frac{dU}{dt}\big|_{t=0} - \frac{dU}{dt}\big|_{t=t_{\text{пх}}}}{\frac{dU}{dt}\big|_{t=0}} = 1 - \frac{\frac{dU}{dt}\big|_{t=t_{\text{пх}}}}{\frac{dU}{dt}\big|_{t=0}} \quad (1.6)$$

Из геометрического смысла производной следует следующее выражение:

$$\varepsilon = \frac{\text{tg } \alpha_0 - \text{tg } \alpha_1}{\text{tg } \alpha_0} = 1 - \frac{\text{tg } \alpha_1}{\text{tg } \alpha_0} \quad (1.7)$$

где  $\alpha_0$  – угол наклона касательной к кривой напряжения в начале пилы,  $\alpha_1$  – угол наклона касательной в точке  $t = t_{\text{пх}}$  (см. рис. 1.11.).

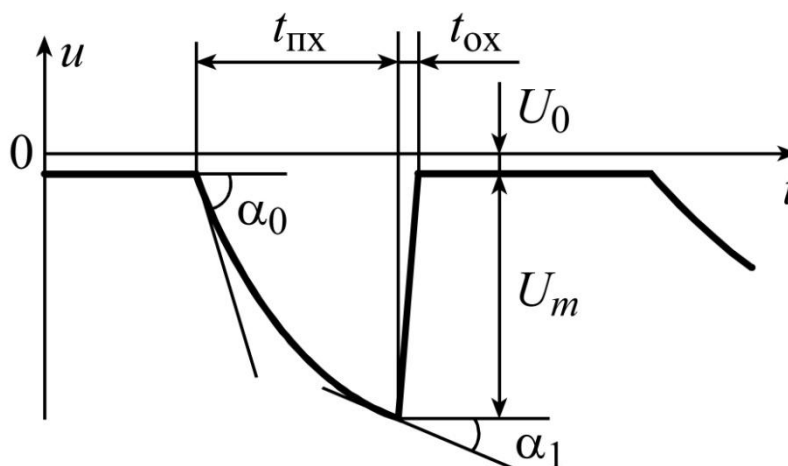


Рис. 1.11. Выходное напряжение ГПН

Коэффициент нелинейности у идеального пилообразного напряжения будет равен нулю, так как у идеального пилообразного напряжения постоянный угол наклона. В реальных схемах коэффициент нелинейности не равен нулю и составляет от долей до десятков процентов.

Еще одним важным параметром ГПН является коэффициент использования питающего напряжения:

$$K_{\text{исп}} = \frac{U_m}{E} \quad (1.8)$$

где  $U_m$  – амплитуда пилы,  $E$  – напряжение источника питания.

### 1.2.1. ГПН на основе интегрирующей цепи

Схема генератора приведена на рис. 1.12.

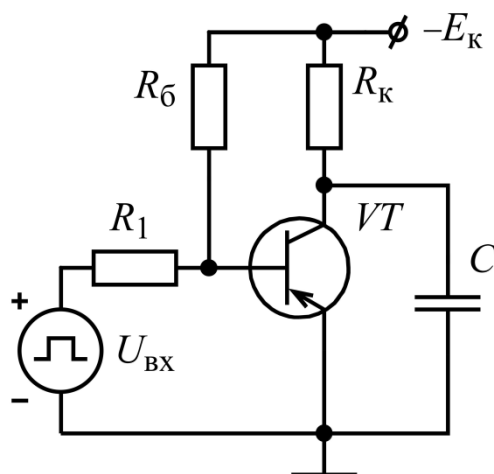


Рис. 1.12. Принципиальная схема ГПН на основе интегрирующей цепи

Данный генератор пилообразного напряжения содержит интегрирующую  $R_K C$ - цепь и ключ, представленный транзистором VT.

В исходном состоянии при  $U_{BX} = 0$  транзистор VT открыт и насыщен. Это состояние обеспечивается базовым током, протекающим в цепи  $+E \rightarrow$  переход эмиттер-база VT  $\rightarrow R_6 \rightarrow (-)E$ .

Входной импульс с положительной полярностью и амплитудой  $U_m$  внешнего генератора запирает транзистор VT, и начинается заряд конденсатора C от источника питания через резистор  $R_K$ .

Заряд конденсатора проходит по классическому закону:

$$U_C(t) = E \left( 1 - e^{-t/\tau} \right) = E - E^{-t/\tau} \quad (1.9)$$

где  $\tau = R_K C$  – постоянная времени цепи.

В момент времени  $t = t_{\text{пх}}$  напряжение на выходе генератора пилообразного напряжения достигает своего максимального значения, а также заканчивается входной импульс ( $U_{BX} = 0$ ).

Так как к транзистору не прикладывается входное напряжение, то он открывается, а в базовой цепи появляется ток базы  $I_B$ . Так как заряженный конденсатор C подключен параллельно к коллектору транзистора, а к база-эмиттерному переходу прикладывается прямое

напряжение, то переход коллектор-база транзистора VT оказывается смещённым в обратном направлении. Таким образом, после того как транзистор открылся, он будет находиться в активном режиме, не смотря даже на то, что ток базы достаточен для насыщения транзистора.

Ток конденсатора имеет также составляющую от тока через резистор  $R_k$ , однако, на этапе разряда  $I_{Rk} \ll I_k$ , поэтому считают  $I_k \cong I_c$ .

Ток коллектора зависит от напряжения  $U_{кэ} = U_c$  при  $I_b = \text{const}$  незначительно, т.е. можно полагать, что конденсатор разряжается постоянным током по линейному закону.

После разряда конденсатора C транзистор VT насыщается. При этом момент насыщения характеризуется следующими равенствами:

$$U_{кэ} = U_{бэ}, U_{кб} = 0.$$

Схема возвращается в исходное состояние. Таким образом, исходя из выше перечисленного, диаграммы работы генератора пилообразного напряжения на основе интегрирующей цепи будет выглядеть следующим образом:

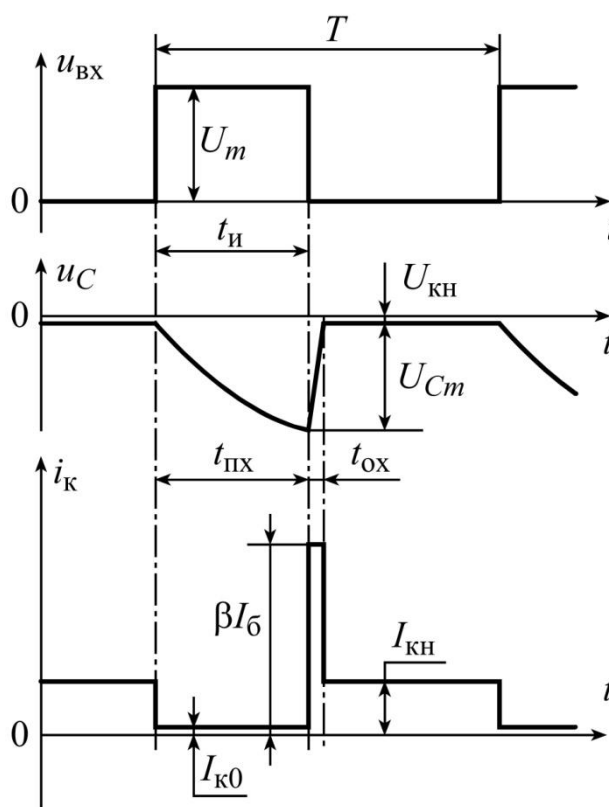


Рис. 1.13. Диаграммы работы ГПН на основе интегрирующей цепи

### 1.2.2. ГПН с токостабилизирующим двухполосником

Схема генератора пилообразного сигнала приведена на рисунке 1.14.

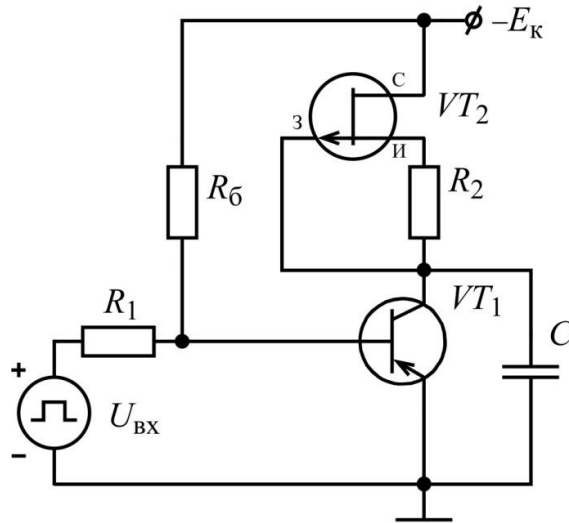


Рис. 1.14. Принципиальная схема ГПН с токостабилизирующим двухполосником.

В отличие от ГПН на основе интегрирующей цепи, изображенном на рисунке 1.12, он содержит токостабилизирующий двухполосник (ТСДП), построенный на полевом транзисторе  $VT_2$  и резисторе  $R_2$ . Разрядная цепь конденсатора выполнена и действует так же, как в схеме ГПН, описанной выше.

Известно, что ток стока полевого транзистора слабо зависит от напряжения сток-исток при  $U_{зи} = \text{const}$  (см.рис.1.15.). Положение рабочей точки полевого транзистора определяется резистором  $R_2$ . Чем больше сопротивление резистора  $R_2$ , тем больше запирающее напряжение затвор-исток и тем меньше ток ТСДП.

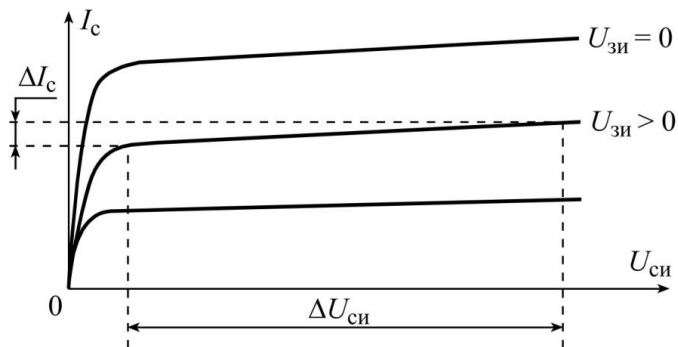


Рис. 1.15. Статические выходные характеристики полевого транзистора с каналом р-типа

### 1.2.3. Генератор пилообразного сигнала на операционном усилителе

Интегрирующее включение операционного усилителя, обеспечивающего получение выходного напряжения, пропорционального интегралу от входного напряжения, предполагает включение конденсатора в цепь отрицательной обратной связи. Поэтому генераторы пилообразного напряжения на операционных усилителях строят по принципу генераторов с обратной связью, интегрирующих постоянное напряжения источника питания, которое для них является входным.

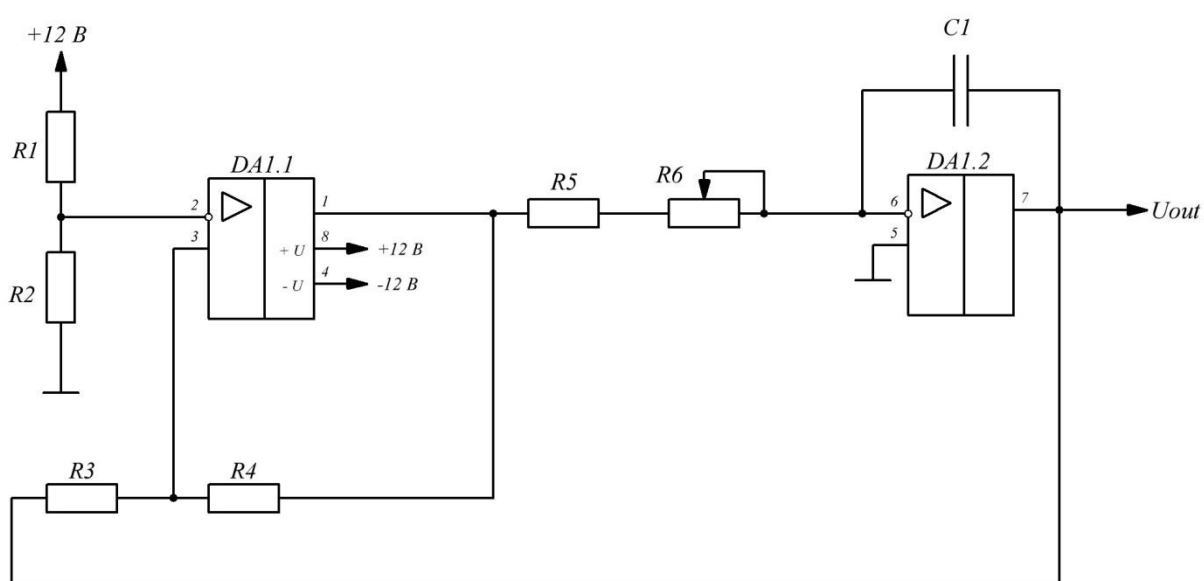


Рис. 1.16. Схема генератора треугольного сигнала.

Интегратор, представленный на рисунке 1.16 как DA1.2 интегрирует двуполярное напряжение, которое поступает с выхода DA 1.1 - триггера Шмитта. Когда выходное напряжение интегратора достигает порога срабатывания триггера Шмитта, напряжение на его выходе скачком меняет свой знак. Вследствие этого напряжение на выходе интегратора начинает изменяться в противоположную сторону, пока не достигнет другого порога срабатывания триггера Шмитта.

Изменяя постоянную времени интегрирования интегратора, построенного на операционном усилителе,  $\tau=(R_5+R_6)C_1$ , можно

перестраивать частоту формируемого напряжения в довольно широком диапазоне.

Амплитуда треугольного напряжения зависит только от установки уровня срабатывания триггера Шмитта, который для данной схемы включения триггера составляет  $U_m R_3 / R_4$  ( $U_m$  – величина напряжения насыщения ОУ).

Период колебаний генератора равен удвоенному времени, которое необходимо интегратору, чтобы его выходное напряжение изменилось от  $-U_{пит}$  до  $+U_{пит}$ . Отсюда следует, что

$$T = 4(R_5 + R_6)C_1 \frac{R_3}{R_4} \quad (1.10)$$

Следовательно, частота формируемого напряжения не зависит от уровня напряжения насыщения операционного усилителя.

Таким образом, для проектирования платы расширения будут использоваться схемы на основе операционных усилителей, так как они довольно просты в настройке, имеют достаточный диапазон генерации частот, в них отсутствуют дорогие элементы, такие как катушки индуктивности, кварцевые генераторы или пьезокерамические фильтры. Также в схемах генераторов на операционных усилителях отсутствуют сложно изготавливаемые элементы (например, катушка индуктивности) и элементы с довольно большими размерами, что позволяет изготовить более компактную плату расширения.



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1A21	Брагина Алина Дмитриевна

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Сумма бюджета проекта: 465970 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с нормами и нормативами расходования материалов.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Стандартная система налогообложения.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведена оценка коммерческого потенциала: 1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Произведен расчет бюджета научных исследований
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определена ресурсная, финансовая, бюджетная эффективность исследования посредством расчета интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и эффективности.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Заведующая кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1A21	Брагина Алина Дмитриевна		

## Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

*Сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

*Целевой рынок* – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

*Сегментирование* – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Выполним сегментирование рынка плат расширения по следующим критериям: область применения и назначение плат расширения. Исследуя данные критерии построим карту сегментирования рынка, представленную на рисунке 1.

	Изменяемые входные параметры		
	Расширение возможностей устройства	Тестирование устройств	Контроль состояния устройства
Персональный компьютер			
Микроконтроллер			

Рисунок 1. Карта сегментирования рынка плат расширения  
■ - существует на рынке; □ - отсутствует на рынке.

Из карты сегментирования рынка видно, что в сфере производства плат расширения для персональных компьютеров достаточно велика конкуренция, так как они широко распространены и имеют открытую архитектуру,

позволяющую легко изменять необходимые параметры и вычислительные мощности с помощью унифицированных плат расширения. Иная ситуация обстоит с микроконтроллерами – они имеют специфичную область применения, поэтому в сфере производства плат расширения нет такой агрессивной конкуренции, как в сфере производства плат расширения для персональных компьютеров. Также немаловажным является то, что на рынке отсутствуют платы расширения для тестирования правильности работы устройств, поэтому целесообразно освоить именно этот сегмент рынка.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 1 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	3	4	1,5	0,9	1,2
2. Энергоэкономичность	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
3. Надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4. Уровень шума	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	5	4	1	1	0,8
6. Простота эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
7. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
9. Цена	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Итого	1	39	36	31	4,45	4,1	3,8

Ф – плата расширения, позволяющая тестировать устройство, К1 – плата расширения, позволяющая расширять возможности устройства, К2 – плата расширения, позволяющая осуществлять контроль состояния устройства.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента,

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из таблицы 1 видно, что разрабатываемый продукт наиболее конкурентоспособен, по сравнению с конкурентной продукцией, за счет таких показателей, как удобство в эксплуатации, надежность, функциональная мощность, простота эксплуатации, конкурентоспособность. Однако разрабатываемый образец уступает в цене, энергоэкономичности, уровне шума и уровню проникновения на рынок. Следовательно, для того чтобы удержать данный продукт на рынке в будущем необходимо уменьшать цену разработки, а также уменьшать уровень энергопотребления и снизить уровни шумов.

#### **4.1.3. Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, описанных в разделе 1.2.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

##### **1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:**

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.

- правовая защищенность и др.

## 2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 2).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \times B_i \quad (2)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешанное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,05	75	100	0,75	0,0375
2. Помехоустойчивость	0,05	80	100	0,8	0,04
3. Надежность	0,08	95	100	0,95	0,076
4. Унифицированность	0,03	30	100	0,3	0,009
5. Уровень материалоемкости разработки	0,04	45	100	0,45	0,018
6. Уровень шума	0,05	25	100	0,25	0,0125
7. Безопасность	0,05	95	100	0,95	0,0475
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	80	100	0,8	0,032
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	85	100	0,85	0,0595
10. Простота эксплуатации	0,06	95	100	0,95	0,057
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,02	70	100	0,7	0,014
12. Ремонтопригодность	0,05	65	100	0,65	0,0325
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
13. Конкурентоспособность продукта	0,05	80	100	0,8	0,04
14. Уровень проникновения на рынок	0,06	20	100	0,2	0,012
15. Перспективность рынка	0,05	80	100	0,8	0,04
16. Цена	0,07	60	100	0,6	0,042
17. Послепродажное обслуживание	0,06	80	100	0,8	0,048
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,05	85	100	0,85	0,0425
19. Срок выхода на рынок	0,04	90	100	0,9	0,036
20. Наличие сертификации разработки	0,03	70	100	0,7	0,021
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>1405</b>	<b>2000</b>	<b>14,05</b>	<b>0,7170</b>

Так как значение  $P_{cp}$  получилось равным 71,7, то можно сделать вывод о том, что перспектива разработки (перспективность) является выше средней.

Исходя из данных, приведенных в таблице 2, необходимо увеличивать объем инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения в таких аспектах, как унифицированность, качество интеллектуального интерфейса, потребность в ресурсах памяти, а также необходимо уменьшать срок выхода на рынок.

#### 4.1.4. SWOT-анализ

**SWOT** – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3.

*Матрица SWOT.*

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>S1. Высокая функциональная мощность.</p> <p>S2. Простой и понятный интерфейс</p> <p>S3. Однотипность элементной базы</p> <p>S4. Экологичность технологии.</p> <p>S5. Высокая конкурентоспособность продукта.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>W1. Сравнительно слабая экономичность</p> <p>W2. Относительная высокая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>W3. Относительно высокий уровень шума из-за вспомогательного источника питания для аппаратной реализации.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>O1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>		



O2. Появление дополнительного спроса на новый продукт O3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
<b>Угрозы:</b> T1. Отсутствие спроса на новые технологии T2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства T3. Увеличение конкуренции		

Перейдем к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта, отображенную в таблице 4. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.

*Интерактивная матрица проекта.*

		Сильные стороны проекта				
		S1	S2	S3	S4	S5
Возможности проекта	O1	+	+	+	+	+
	O2	0	-	-	-	+
	O3	-	-	-	-	+
Угрозы проекта	T1	-	-	-	-	-
	T2	-	-	-	-	0
	T3	-	-	-	-	+

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		W1	W2	W3
	O1	+	+	+
	O2	0	-	-
	O3	-	+	-
Угрозы проекта	T1	+	-	-
	T2	-	-	-
	T3	+	+	-

Из интерактивной матрицы видно, что необходимо сделать упор на последнюю сильную сторону проекта, а именно: «Высокая конкурентоспособность продукта», так как она соответствует сразу всем возможностям. Что касается слабых сторон проекта, то необходимо приложить усилия, для увеличения экономичности и снижения стоимости, так как именно эти две слабости соответствуют большему числу угроз.

#### 4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Результаты занесены в таблицу 5.

Таблица 5.

*Морфологическая матрица для платы расширения.*

	1	2	3
А. Источник питания	постоянный источник питания	аккумулятор	сеть
Б. Материал основания печатной платы	стеклотекстолит	гетинакс	фторопласт
В. Программа для разработки макета	Altium Designer	Eagle	Sprint-Layout
Г. Элементная база	комбинированная	зарубежная	отечественная
Д. Мобильность	ограниченная мобильность	стационарный	переносной
Е. Корпус	комбинированный	металлический	пластмассовый

В морфологической матрице указаны три вида исполнения программы по цифровой обработке сигналов.

Исполнение 1: А1Б1В1Г1Д1Е1;

Исполнение 2: А2Б2В2Г2Д2Е2;

Исполнение 3: А3Б3В3Г3Д3Е3.

В данной научно - исследовательской работе представлено первое исполнение.

### 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Порядок составления этапов и работ, а также исполнителей, представлен в таблице 6.

Таблица 6.

*Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.*

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка задачи	НР, И
Выбор направления исследований	2	Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР
	3	Подбор и изучение материалов по тематике	И
	4	Разработка календарного плана	НР
	5	Выбор структурной схемы устройства	И

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов.	И
	7	Выбор принципиальной схемы устройства	И
	8	Трассировка печатной платы	И
	9	Экспериментальная проверка теоретических расчетов	И
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	НР
<i>Проведение ОКР</i>			
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	11	Разработка макета устройства	НР, И
	12	Проведение экспериментальных исследований	НР, И
	13	Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	НР, И
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И
	15	Оформление графического материала	НР, И
	16	Оформление патента на ПО	НР, И
	17	Подведение итогов	НР, И

#### 4.3.2. 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  $t_{ожи}$  используется следующая формула:

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

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.

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4)$$

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.

#### **4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования**

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году ( $T_{\text{ПД}} = 12$ ).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа. Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7.

*Временные показатели проведения научного исследования в первом исполнении.*

Назва-ние работы	Трудоёмкость работ			Исполните-ли	Длитель-ность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длитель-ность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ожгi}}$ , чел-дни			

	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	НР	И	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Постановка задачи	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	1	1	1,7	1,7	1,7	2	2	2
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	1	0	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9	2,9
Подбор и изучение материалов по тематике	20	20	20	22	22	22	21	21	21	0	1	21	21	21	25,2	25,2	25,2
Разработка календарного плана	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	1	0	2,8	2,8	2,8	3,4	3,4	3,4
Выбор структурной схемы устройства	5	6	7	6	7	8	5,8	6,4	7,4	0	1	5,8	6,4	7,4	7	7,7	8,9
Проведение теоретических расчетов.	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	0	1	7,8	7,8	7,8	9,4	9,4	9,4
Выбор принципиальной схемы устройства	6	3	3	9	6	6	7,2	4,2	4,2	0	1	7,2	4,2	4,2	8,6	5	5
Трассировка печатной платы	60	0	0	80	0	0	68	0	0	0	1	68	0	0	81,6	0	0
Экспериментальная проверка теоретических расчетов	10	10	10	12	12	12	10,8	10,8	10,8	0	1	10,8	10,8	10,8	13	13	13
Оценка	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	0	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7

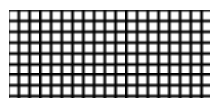
эффективно-сти полученных результатов																	
Разработка макета устройства	5	10	10	6	12	12	5,4	10,8	10,8	1	1	2,7	5,4	5,4	3	7	7
Проведение экспериментальных исследований	1	0	0	2	0	0	1,4	0	0	1	1	0,7	0	0	1	0	0
Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	1	2	2	2	3	3	1,4	2,4	2,4	1	1	0,7	1,2	1,2	1	1,4	1,4
Оформление расчетно-пояснительной записки	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	1	0,7	0,7	0,7	1	1	1
Оформление графического материала	2	1	1	3	2	2	2,4	1,4	1,4	1	1	1,2	0,7	0,7	1,4	1	1
Оформление патента на плату расширения	5	0	0	6	0	0	5,4	0	0	1	1	2,7	0	0	3	0	0
Подведение итогов	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	1	0,7	0,7	0,7	1	1	1
Итого	132	69	70	174	90	91	149,4	77,6	78,6	11	14	138,3	67,2	68,2	166,2	81,7	82,9



Таблица 7. Календарный план-график проведения НИОКР по теме.

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , Калдн	Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Постановка задачи	НР, И	2	■										
2	Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР	2,9	■										
3	Подбор и изучение материалов по тематике	И	25,2	■										
4	Разработка календарного плана	НР	3,4		■									
5	Выбор структурной схемы устройства	И	7		■									
6	Проведение теоретических расчетов.	И	9,4			■								
7	Выбор принципиальной схемы устройства	И	8,6				■							
8	Трассировка печатной платы	И	81,6				■	■						
9	Экспериментальная проверка теоретических расчетов	И	13				■	■	■					

10	Оценка эффективности полученных результатов	НР	1,7											
11	Разработка макета устройства	НР, И	3											
12	Проведение экспериментальных исследований	НР, И	1											
13	Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	НР, И	1											
14	Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	1											
15	Оформление графического материала	НР, И	1,4											
16	Оформление патента на плату расширения	НР, И	3											
17	Подведение итогов	НР,И	1											



- научный руководитель



- инженер

#### 4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

##### 4.3.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расч\ i}, \quad (7)$$

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

$N_{расч\ i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

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

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

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы

принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результаты расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 8.

*Материальные затраты.*

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (с учетом транспортных расходов), (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Стеклотекстолит	шт	1	0	0	290	295	0	0
Микросхемы	шт	3	0	3	60	185	0	185
Постоянные резисторы	шт	40	40	40	3	125	125	125
Переменный резистор	шт	1	1	1	40	45	45	45
Двойной переменный резистор	шт	1	1	1	55	60	60	60
Конденсаторы	шт	40	40	40	3	125	125	125
Полярные конденсаторы	шт	3	3	3	28	89	89	89
Диоды	шт	13	13	13	4	57	57	57
Полевые транзисторы	шт	2	2	2	12	29	29	29
Операционные усилители (ОУ)	шт	5	5	5	15	80	80	80
Быстродействующие ОУ	шт	1	1	1	150	155	155	155
Тетрадь 96 листов	шт	1	1	1	30	36	36	36
Ручка	шт	1	1	1	10	12	12	12
Итого						1293	813	998

#### **4.3.4.2. 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. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования,

используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 9.

Таблица 9.

*Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.*

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования(с учетом затрат на доставку и монтаж), тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Источник питания	1	0	0	5000	7500	0	0
2.	Осциллограф	1	1	1	15000	22500	22500	22500
3.	Паяльная станция	0	1	0	2500	0	3000	0
Итого:						<b>30000</b>	<b>25500</b>	<b>22500</b>

#### **4.3.4.3.Основная заработная плата исполнителей темы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_o}, \quad (10)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_o$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 10).

Таблица 10.

*Баланс рабочего времени.*

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	64	64
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	30	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	271	271

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (11)$$

где  $Z_{tc}$  - заработная плата по тарифной ставке, руб;

$k_{пр}$  - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $Z_{tc}$ );

$k_p$  - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 11.

Таблица 11.

*Расчет основной заработной платы.*

Исполнители	Разряд	$Z_{tc}$ , руб	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , Раб.д н	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	Доцент, к. ф-м. н.	23264,8 6	0,3	0,2	1,3	45364,8	1740,9 3	138,3	240771,5 8
Инженер	1	6976,22	0,3	0	1,3	11789,8 1	452,45	138,3	62573,88
ИТОГО, руб									303345,4 6

Таблица 12.

*Расчет основной заработной платы.*

Исполнители по категориям			$T_{ki}$ , чел.-дн.			$Z_{дн}$ , руб			$Z_{осн}$ , руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Н Р	Н Р	Н Р	166, 2	81, 7	82, 9	1740,9 3	1740,9 3	1740,9 3	240771,5 8	209415,0 9	211022,1 6
И	И	И	166, 2	81, 7	82, 9	452,45	452,45	452,45	62573,88	35997,01	36511,04
ИТОГО, руб									303345,4 6	245412,1	247533,2

#### **4.3.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (12)$$

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

#### **4.3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона 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 – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 13).

Таблица 13.

*Отчисления во внебюджетные фонды.*

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	240771,58	209415,09	211022,16	22225,86108	13129,8	13322,7
Студент - дипломник	62573,88	35997,01	36511,04	7109,0625	4199,64	4261,3
<b><i>k<sub>внеб</sub></i></b>	0,271					
Итого						
Исполнение 1	90156,38					
Исполнение 2	71202,96					
Исполнение 3	71846,76					

#### 4.3.4.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### **4.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 14.

Таблица 14.

*Расчет бюджета затрат НИИ.*

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	1293	813	998	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	30000	25500	22500	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	303345,46	245412,1	247533,2	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	42468,36	34357,69	34654,65	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	90156,38	71202,96	71846,76	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	74555,23	60235,64	60245,54	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	465970,2	376472,8	378534,6	Сумма ст. 1- 6

#### **4.4. 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 показатель финансовой эффективности** научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

**Интегральный финансовый показатель** разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (табл. 15) отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 15.

*Расчет Интегрального финансового показателя.*

№ исполнения	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	465970,2	465970,2	1
2	376472,8		0,8
3	378534,6		0,81

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 16).

Таблица 16.

*Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.*

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	5
4. Энергосбережение	0,25	5	3	5
5. Надежность	0,15	4	4	4
6. Материалоемкость	0,20	5	3	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 4 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 + 5 * 0,20 = 4,6;$$

$$I_{p-исп2} = 5 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,15 + 3 * 0,25 + 4 * 0,15 + 4 * 0,20 = 3,7;$$

$$I_{p-исп3} = 3 * 0,1 + 3 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 + 3 * 0,20 = 3,5.$$

***Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения***

***разработки*** ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Э<sub>сп</sub>):

$$\mathcal{E}_{сп} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (18)$$

Таблица 17

*Сравнительная эффективность разработки.*

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,8	0,81
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,7	3,5
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	4,6	4,63	4,32
4	Сравнительная эффективность проекта	0,99	1,07	0,94

Сравнив эффективности всех исполнений можно сделать вывод, что самым экономически выгодным исполнением является исполнение номер два. Экономическая выгода данного исполнения достигается за счет того, что отсутствует необходимость во вспомогательном источнике питания.

Первый вариант исполнения ненамного проигрывает по эффективности исполнения, учитывая то, что на создание проекта уходит больше времени, а соответственно и финансовый показатель будет выше. Однако на данный момент разрабатываемая плата расширения является первой на рынке, тем

самым научная новизна в первом исполнении гораздо выше и это оказывает положительное влияние на спрос выходного продукта.

## Список публикаций

1. Программа обработки биомедицинских сигналов [Электронный ресурс] = Program of biomedical signals processing / В. А. Киселева [и др.]; науч. рук. Г. С. Евтушенко //Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12-14 апреля 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 246-248].
2. Брагина А.Д., Киселева В.А. Плата расширения для программно-аппаратного комплекса по обработке цифровых сигналов // VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» (в печати).