

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Система синхронизации для высокоскоростного лазерного монитора |

УДК 621.373.826:004.31

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 1A22 | Гоняев Максим Павлович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|---------|------|
| н.с. ИОА СО РАН | Тригуб Максим Викторович | Кандидат технических наук | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------|------|
| Заф. каф. менеджмента | Чистякова Наталья Олеговна | Кандидат экономических наук | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева Ирина Леонидовна | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|--|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической 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 биомедицинской и экологической 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 |
| <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 «Электроника и наноэлектроника»
 Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

_____ Ф.А. Губарев
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|------------------------|
| 1А22 | Гоняев Максим Павлович |

Тема работы:

| | |
|---|---------------------------|
| Система синхронизации для высокоскоростного лазерного монитора | |
| Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер) | № 2784/с от 11.04.2016 г. |

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| Исходные данные к работе | Разработать систему синхронизации для высокоскоростного лазерного монитора Исходные данные: <ul style="list-style-type: none"> • Диапазон задающих частот 1 ÷ 100 кГц • Диапазон изменения фазы синхронизации от -π до +π • Диапазон установки предделителя частоты 1÷200 • Диапазон регулировки длительности выходного сигнала 2÷5 мкс • Уровень напряжения выходного сигнала 5В |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | <ul style="list-style-type: none"> • Провести обзор литературы; • Изучить принцип работы источника накачки высокочастотного оптического квантового генератора на парах меди; • Разработать алгоритм работы системы управления источником накачки лазера на парах меди; • Разработать программу на микроконтроллере STM32F100C6T6, реализующую управление лазером на парах брома меди; |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Разработка и расчет принципиальной схемы системы управления; • Разработка макета и проведение тестовых экспериментов; • Подготовка пояснительной записки. |
| Перечень графического материала | <ul style="list-style-type: none"> • Принципиальная схема системы управления; • Внешний вид макета; • Внешний вид программы; • Экспериментальные осциллограммы. |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

| Раздел | Консультант |
|---|---|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Чистякова Наталья Олеговна, зав. каф. менеджмента, к.э.н. |
| Социальная ответственность | Мезенцева Ирина Леонидовна, ассистент |
| Аналитический обзор и расчеты; | Тригуб М.В., н.с. ИОА СО РАН, доцент каф. ТЭВН ИВТ, к.т.н. |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 01.09.2016 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| н.с. ИОА СО РАН, доцент каф. ТЭВН ИВТ | Тригуб Максим Викторович | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------|---------|------|
| 1А22 | Гоняев Максим Павлович | | |

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

Институт неразрушающего контроля

Электроника и наноэлектроника _____

Уровень образования бакалавриат

Кафедра промышленной и медицинской электроники

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

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

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 20.09.15 | <i>Обзор литературы</i> | 5 |
| 20.10.15 | <i>Разработка алгоритма программы</i> | 15 |
| 10.11.15 | <i>Выбор микроконтроллера</i> | 5 |
| 20.11.15 | <i>Написание программы для микроконтроллера</i> | 10 |
| 20.12.15 | <i>Разработка и расчет принципиальной схемы устройства</i> | 10 |
| 20.01.16 | <i>Сборка макета устройства</i> | 20 |
| 20.02.16 | <i>Проведение экспериментов</i> | 15 |
| 20.03.16 | <i>Корректировка работы программы</i> | 10 |
| 01.06.16 | <i>Оформление расчетно-пояснительной записки</i> | 10 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-------------|------------------------|---------|------|
| н.с. ИОА СО РАН, доцент каф. ТЭВН ИФВТ | Тригуб М.В. | к.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат.

Выпускная квалификационная работа 106 страниц, 35 рисунков, 29 таблиц, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: система синхронизации, высокоскоростной лазерный монитор, синхронизация, высокоскоростная съёмка, микроконтроллер.

Объектом исследования являются синхронизация высокоскоростных устройств фиксации изображения на основе КМОП матрицы.

Цель работы – разработка системы синхронизации для высокоскоростного лазерного монитора.

В процессе исследования проводилась разработка устройства, генерирующего синхронизационные импульсы по задающему воздействию, с возможностью управления фазой синхронизации.

В результате проделанной работы были разработаны алгоритмы и программа для микроконтроллера STM32F100C6T6, реализующая генерацию синхронизационных импульсов на четырёх выходных каналах системы. Разработка программы производилась на языке программирования «С» в среде СооСох. Также была разработана и реализована принципиальная схема системы синхронизации, предусматривающая возможность регулировки указанных временных параметров синхронизационных импульсов. Работоспособность разработанной системы синхронизации была подтверждена экспериментальным путем.

Таким образом, указанные временные интервалы могут быть изменены в следующих диапазонах:

- Длительность синхронизационных импульсов $t_i = 0,4 \div 21$ мкс;
- Установка делителя частоты в диапазоне значений $1 \div 200$;

Регулировка фазы синхронизационных сигналов осуществляется с шагом 0.01 периода.

Степень внедрения: результаты разработки используются в ЛКЭ Института Оптики атмосферы СО РАН.

Область применения: разработка предназначена для синхронизации работы высокоскоростной камеры с лазерным монитором.

Оглавление

| | |
|--|--|
| Введение..... | 10 |
| 1. Обзор литературы..... | 12 |
| 1.1 Синхронизация..... | 12 |
| 1.2. Условия синхронизации..... | 12 |
| 1.3 Высокоскоростная съёмка | 13 |
| 1.4. Основные проблемы высокоскоростной съёмки..... | 15 |
| 1.5. Задачи системы синхронизации в высокоскоростном лазерном мониторе | 16 |
| 2.Выбор и обоснование структурной схемы | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.1. Описание системы синхронизации высокоскоростного монитора | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.2 Оптический приёмник | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.3 Блок управления..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.4 Формирователь импульсов. | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.5 Вспомогательный источник питания..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.6 Микроконтроллер | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.7 Дисплей QC1602A | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.Разработка принципиальной схемы устройства | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.1 Оптический приёмник | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.2 Блок управления..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.3 Вспомогательный источник питания..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.4 Микроконтроллер STM32 | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.5 Дисплей QC1602A V2.0 | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3.6 Формирователь импульсов | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4. Алгоритм программы..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.1 Основной цикл программы..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.2 Измерение частоты | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.3 Формирование синхроимпульса..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.4 Регулировка параметров запуска синхроимпульса.... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.4.1 Режим настройки задержки..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.4.2 Регулировка задержки..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.4.3 Регулировка значения предделителя..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.5 Передача данных на компьютер через UART интерфейс | Ошибка! Закладка не определена. |

| | | |
|-------|--|--|
| 4.5.1 | UART интерфейс | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.5.2 | Конфигурация UART | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5. | Экспериментальные исследования..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.1 | Результаты выпускной квалификационной работы ... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.2 | Интерфейс системы синхронизации | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.3 | Работа системы синхронизации высокоскоростного лазерного монитора | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.4 | Регулировка длительности выходных сигналов.... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.5 | Работа с предделителем частоты..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.6 | Работа с регулировкой фазы синхронизационного сигнала | Ошибка! Закладка не определена. |
| 6. | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.. | 19 |
| 6.1 | Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 19 |
| 6.1.1 | Потенциальные потребители результатов исследования | 19 |
| 6.1.2 | Анализ конкурентных технических решений | 20 |
| 6.1.3 | SWOT-анализ | 22 |
| 6.2 | Определение возможных альтернатив проведения научных исследований | 24 |
| 6.3 | Планирование научно-исследовательских работ | 25 |
| 6.3.1 | Структура работ в рамках научного исследования | 25 |
| 6.3.2 | Разработка графика проведения научного исследования | 28 |
| 6.4 | Бюджет научно-технического исследования (НТИ) | 31 |
| 6.4.1 | Расчет материальных затрат НТИ | 31 |
| 6.4.2 | Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ..... | 32 |
| 6.4.3 | Основная заработная плата исполнителей темы..... | 33 |
| 6.4.4 | Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) | 36 |
| 6.4.5 | Накладные расходы..... | 36 |
| 6.4.6 | Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 37 |
| 6.5 | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.. | 38 |
| 7. | Социальная ответственность | Ошибка! Закладка не определена. |
| | Введение | Ошибка! Закладка не определена. |
| 7.1 | Производственная безопасность | Ошибка! Закладка не определена. |

| | |
|--|--|
| 8.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения | Ошибка! Закладка не определена. |
| 8.1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. | Ошибка! Закладка не определена. |
| 7.2. Экологическая безопасность | Ошибка! Закладка не определена. |
| 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | Ошибка! Закладка не определена. |
| 7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | Ошибка! Закладка не определена. |
| Заключение | Ошибка! Закладка не определена. |
| Список использованной литературы:..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| Приложение А | Ошибка! Закладка не определена. |

Введение

В настоящее время высокоскоростная фотосъёмка быстропротекающих процессов имеет высокую значимость для науки и технического прогресса. Данная технология позволяет получать подлежащие анализу изображения происходящих процессов с частотой до 100 000 кадров в секунду. Примером таких явлений могут являться плазмоиндуцированные процессы предназначенные для обработки поверхности материалов с целью повышения эксплуатационных качеств, а также процессы формирования наноструктур и сваривания.

Благодаря методу высокоскоростной съёмки полученные изображения сохраняются в цифровом виде, что позволяет проводить многократный анализ данных не повторяя эксперимента.

В 2013 году на базе Института оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН, был разработан лазерный монитор для неразрушающего контроля изделий и визуализации быстропротекающих процессов в условиях фоновой засветки. Данная разработка использует систему с усилителем яркости изображения т.е. активную оптическую систему (АОС) получившую широкое распространение в 70–80 гг. XX в., тогда данный метод использовался для увеличения изображений на больших экранах. Однако важная особенность

подобных систем – возможность наблюдения процессов в условиях мощной фоновой засветки за счет высокой спектральной яркости излучения с высоким временным разрешением. Одним из первых, кто предложил использовать подобные системы для наблюдения процессов, протекающих в условиях мощной фоновой засветки в режиме реального времени, был И.И. Климовский [1]. Он же ввел термин «лазерный монитор» для подобных систем.

Данный высокоскоростной лазерный монитор использует АОС с усилителем яркости на сомоограниченных переходах атома меди. Активные элементы (АЭ) на парах галогенидов меди, в том числе с добавками НВг имеют большие частоты следования импульсов (ЧСИ). [5] Следовательно изображение проецируемое на монитор будет иметь частоту равную ЧСИ усилителя яркости. Для качественной высокоскоростной фиксации изображения момент съёмки должен совпадать с моментом отображения проекции на экран. Схема лазерного монитора представлена на Рисунок 1.

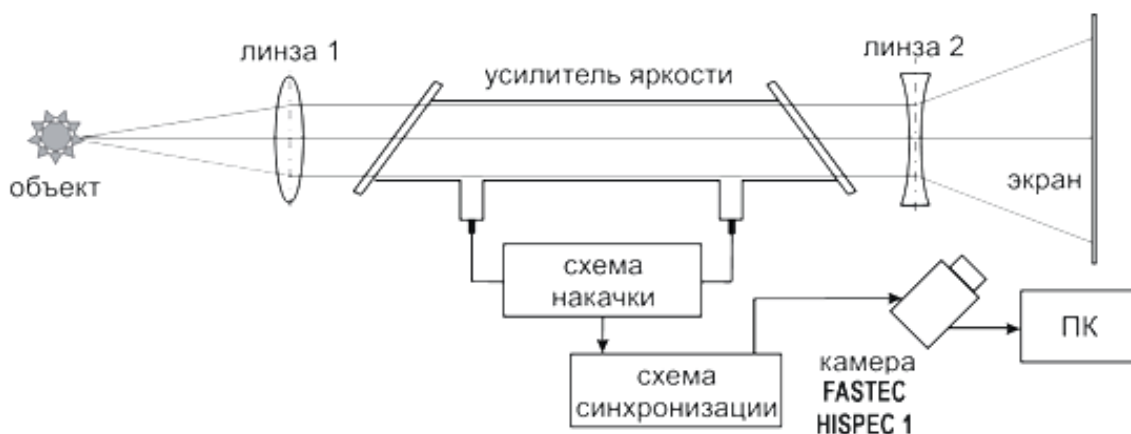


Рисунок 1 Схема лазерного монитора.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы синхронизации высокоскоростного лазерного монитора, который может быть использован для неразрушающего контроля изделий и визуализации быстропротекающих процессов в условиях фоновой засветки.

Метод синхронизации по задающему воздействию возможен для реализации на микроконтроллере STM32F100. Работа с дисплеем, а также процесс определения несущей частоты может влиять на корректность работы

системы синхронизации, следовательно, система должна быть автономна от процессора.

В будущем лазерный монитор может предусматривать большее количество регистрирующего оборудования, соответственно существует необходимость в реализации нескольких выходных синхронизационных каналов. В связи с тем, что различное оборудование имеет собственные требования к управляющему воздействию, необходимо предусмотреть регулировку частотных и временных характеристик сигнала.

Разрабатываемая система синхронизации будет применяться в высокоскоростном лазерном мониторе на базе Института оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН.

1. Обзор литературы

1.1 Синхронизация

Любые процессы, совершаемые одновременно могут быть синхронными и асинхронными. Синхронными считаются процессы, фазы протекания которых имеют одновременность. Тогда любой асинхронный процесс можно синхронизировать с другим, для этого необходимо изменить влияющие на протекание процесса параметры.

Синхронизация (греч. *syn* — вместе + греч. *chronos* время) — приведение двух или нескольких процессов к такому их протеканию, когда одинаковые или соответствующие элементы процессов совершаются с неизменным сдвигом во времени либо одновременно.

Синхронизация необходима в любых случаях, когда параллельно протекающим процессам необходимо взаимодействовать. Для её организации используются средства межпроцессного взаимодействия. Среди наиболее часто используемых средств — сигналы и сообщения, семафоры и мьютексы, каналы (англ. *pipe*), совместно используемая память. [11]

Вопрос синхронизации процессов рассматривается при разработке систем, где фаза одного процесса непосредственно зависима либо является задающей для другого процесса. Примером таких систем могут быть:

- двигатель внутреннего сгорания
- синхронный электродвигатель
- часы

1.2. Условия синхронизации

Захват частоты

Захват частоты внешнего сигнала позволяет определить необходимое воздействие на систему, при котором частота синхронизируемого сигнала будет равна или пропорционально равна частоте задающего сигнала.

Считается что система синхронизируется внешним периодическим воздействием если её частота Ω становится равной или кратной частоте внешнего сигнала ω .

$$\Omega = k \cdot \omega \quad (1)$$

где k – коэффициент масштаба времени фаз.

Для периодических процессов задающая частота синхронизации ω есть константа. Для хаотичных процессов есть понятие средней частоты. [8]

Захват фазы

Воздействие, при котором собственная фаза синхронизируемого сигнала совпадает с фазой задающего воздействия, называется захватом фазы. Точный захват фазы подразумевает выполнения для любого t условия приведенного в выражении 2.

$$|\varphi(t) - \phi(t)| = const \quad (2)$$

Неточный захват фаз при котором синхронизируемый сигнал имеет опережение или отставание по фазе от задающего. Для неточного захвата фаз необходимо выполнение для любого t следующего условия (3).

$$|\varphi(t) - \phi(t) \pm const| \leq \pi/2 \quad (3)$$

Заметим, что кроме синхронизации с масштабом времени 1:1 существует синхронизация с масштабом $n:m$. Тогда условия захвата фаз примут вид (4)(5)

$$|\varphi(n \cdot t) - \phi(m \cdot t)| = const \quad (4)$$

$$|\varphi(n \cdot t) - \phi(m \cdot t) \pm const| \leq \pi/2 \quad (5)$$

1.3 Высокоскоростная съёмка

Высокоскоростная съёмка — фотофиксации с частотой от 10^4 до 10^9 кадров в секунду [2]

Достигнутый в 2011 году уровень быстродействия высокоскоростной камеры в 0,58 триллиона кадров в секунду позволяет зафиксировать перемещение светового фронта импульсного лазера. Такая разрешающая

способность фотофиксации позволила выйти на новый уровень научных исследований. [26]

В настоящее время высокоскоростные камеры позволяют производить съёмку с частотой до десятков кГц и экспозицией от 5 нс до десятков секунд, и получать фотоизображения исследуемых процессов в их физическом развитии. В конструкцию такой камеры входит оптический объектив и КМОП матрица, представляющая собой набор ячеек, формирующих сетчатую структуру матрицы и преобразующее световое излучение в электрический сигнал. Эквивалентная схема ячейки КМОП матрицы представлена на рисунке 2. Размеры таких ячеек составляют 10мкм x 10мкм и называется пикселем (picture cell). Изображение объекта фокусируется на поверхность матрицы, преобразуется каждым пикселем в электрический сигнал, обрабатывается встроенной в камеру оперативной вычислительной системой и запоминается.

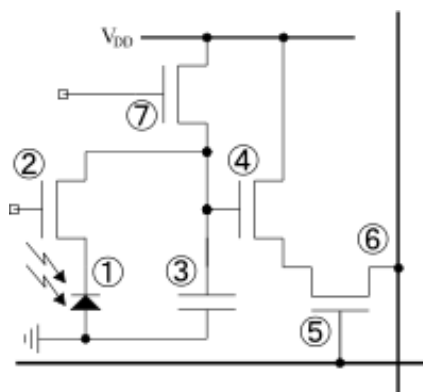


Рисунок 2 Эквивалентная схема ячейки КМОП-матрицы: 1 — светочувствительный элемент (фотодиод); 2 — затвор; 3 — конденсатор, сохраняющий заряд с диода; 4 — усилитель; 5 — шина выбора строки; 6 — вертикальная шина, передающая сигнал процессору; 7 — сигнал сброса.

Отличительные особенности высокоскоростных цифровых камер следующие:

- высокая чувствительность в широком спектральном диапазоне.
- Квантовая эффективность фотоприемника до 90 %
- Низкий уровень темнового сигнала благодаря термоэлектрическому охлаждению фотоприемника
- Низкий уровень шума считывания.

- Широкие возможности программирования режимов работы камеры:
 - биннинг и группинг;
 - выделение и обработка нескольких спектров одновременно;
 - возможность работы с различными регионами;
 - различные режимы входной и выходной синхронизаций;
 - встроенная схема управления внешним затвором;
 - связь с внешним компьютером по скоростному интерфейсу 10/100 Ethernet.

1.4. Основные проблемы высокоскоростной съёмки

Одной из основных проблем высокоскоростной фотосъёмки является малое время выдержки. Понятие выдержки характеризует время, на протяжении которого затвор остается открытым и пропускает свет для экспонирования матрицы фотоаппарата. В данном случае, механический затвор не используется, в силу своей медлительности, функцию затвора выполняет КМОП матрица, структура которой позволяет накапливать заряд за время экспозиции. Выдержкой в данном случае будет время между сбросом заряда и окончанием фиксации.

Следующим параметром, влияющим на полученное изображение, является светочувствительность, которая характеризует чувствительность матрицы фотоаппарата к свету и измеряется в принятых единицах ISO. Повышение данного параметра достигается путём усиления электрических сигналов матрицы, и как следствие этого возникают шумы.

Так же к одной из проблем высокоскоростных КМОП матриц можно отнести инертность открытия затвора, связанна с процессом формирования рабочего цикла. Принцип работы КМОП состоит из следующих шагов

1. До съёмки подаётся сигнал сброса
2. В процессе экспозиции происходит накопление заряда фотодиодом

3. В процессе считывания происходит выборка значения напряжения на конденсаторе

В момент получения сигнала от системы синхронизации система формирует сигнал сброса, тем самым сбрасывая накопленный заряд конденсаторов что занимает $t_{\text{сброса}}$, следующим шагом открывается транзистор затвора время открытия, которого $t_{\text{откр.затвора}}$. Следовательно, полное время от приёма сигнала до начала фиксации изображения будет составлять

$$t_{\text{задержки}} = t_{\text{сброса}} + t_{\text{откр.затвора}} \quad (6)$$

Время задержки нормируется для каждой высокоскоростной камеры и указывается в технической документации.

1.5. Задачи системы синхронизации в высокоскоростном лазерном мониторе

Увеличение временного разрешения съёмки производится посредством применения высокоскоростной камеры, способной делать снимки со скоростью до 100 тыс. кадров/с. Увеличению скорости съёмки уменьшает время экспозиции камеры, тогда полученный файл, в отличии от съёмки на более низких скоростях где каждый кадр формируется несколькими импульсами светимости, содержит в себе чёрные кадры. Возникновение которых характерно при рассогласовании времени задержки камеры с временем проекции светового импульса.

В лазерном мониторе с покадровой регистрацией изображения используется:

- Высокоскоростная камера Fastec HiSpec 1, способной производить съёмку со скоростью до 100 тыс. кадров/с.
- Малогабаритный усилитель яркости на основе CuBr - лазера с полупроводниковым источником накачки, с апертурой газоразрядной трубки 1,5 см, при длине активной области 40 см.

Частота световых импульсов (**ЧСИ**) до 100 кГц, длительность импульса сверхсветимости 40 нс, энергия импульса 2,7 мкДж.

Управление системой синхронизации осуществляется входным сигналом, в качестве которого выступает импульс, поступающий со схемы управления полупроводниковым источником накачки CuBr-лазера. Гальваническая развязка системы питания лазера и схемы формирования синхроимпульса для CCD камеры обеспечивается применением оптоволоконна.

Система синхронизации позволяет регулировать момент появления синхроимпульса для камеры, а также варьировать скорость съемки путем деления ЧСИ оптического усилителя. На рисунке 3 представлены осциллограммы работы схемы при различной скорости съемки: регистрируется изображение от каждого импульса и каждого восьмого импульса сверхсветимости. [5]

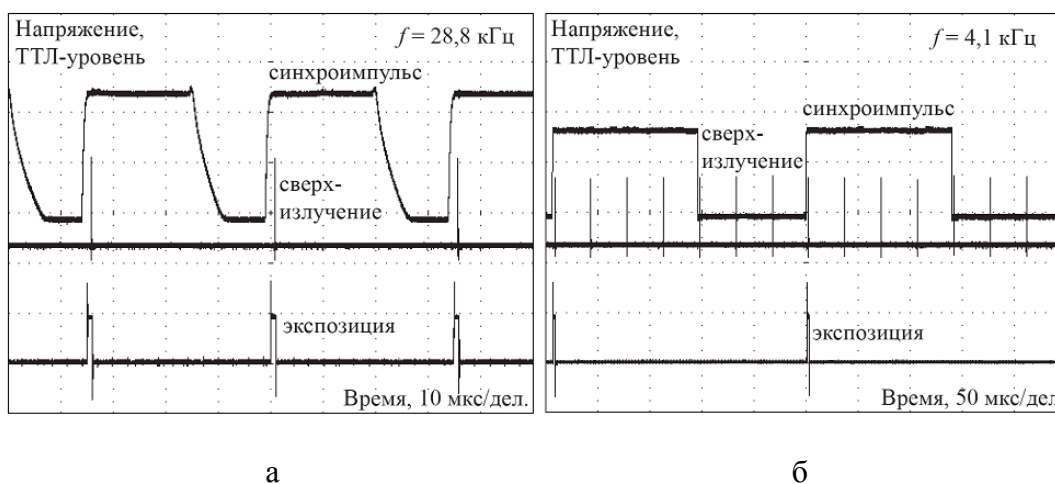


Рисунок 3 Осциллограммы работы лазерного монитора с системой синхронизации при частоте съемки: а) 28,8 и б) 4,1 кГц

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| | |
|--------|---------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1А22 | Гоняеву Максиму Павловичу |

| | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------|--|
| Институт | неразрушающего контроля | Кафедра | промышленной и медицинской электроники |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление | электроника и наноэлектроника |

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

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах; |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Определение потенциальных потребителей результатов исследования; проведение анализа конкурентных технических решений; SWOT-анализ |
| <ul style="list-style-type: none"> Планирование и формирование бюджета научных исследований | Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ. |
| <ul style="list-style-type: none"> Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT График проведения и бюджет НИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ | |
|--|--|

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|---------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Зав.каф.менеджмента | Чистякова Н.О. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|-------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1А22 | Гоняев М.П. | | |

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Сегмент рынка – группа потребителей, продуктов или предприятий, обладающих общими характеристиками.

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 для разрабатываемой системы синхронизации по следующим критериям: Диапазон частот до 100 КГц, Количество выходных каналов, возможность регулировки длительности сигнала. Построим карту сегментирования рынка, представленную на рисунке 35.

| Ценовой диапазон | Изменяемые параметры | | | Работа в режиме генерации |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | Работа с оптическим каналом | Частота синхронизации до 100КГц | Более 4 каналов синхронизации | |
| до 30 т.р. | | | | |
| от 30 до 80 т.р. | | | | |
| Более 80т.р. | | | | |

Рисунок 4. Карта сегментирования рынка систем синхронизации

■ - существует на рынке; □ - отсутствует на рынке.

Из карты сегментирования рынка видно, что для системы синхронизации высокоскоростного лазерного монитора могут применяться

более дорогие аналоги. Из этого следует что для получения конкурентоспособного продукта и занятие позиции на рынке поставщиков, необходимо ориентироваться на ценовую категорию ниже 50 т.р., а также обеспечить широкий функционал устройства. Низкая стоимость не должна влиять на качество и параметры производимого оборудования.

6.1.2 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 _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,2 | 5 | 3 | 4 | 1,5 | 0,9 | 1,2 |
| 2. Энергоэкономичность | 0,05 | 4 | 4 | 4 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 3. Надежность | 0,1 | 4 | 4 | 3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| 4. Уровень шума | 0,05 | 5 | 5 | 4 | 0,2 | 0,15 | 0,2 |
| 5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,2 | 4 | 3 | 5 | 1 | 0,5 | 0,8 |
| 6. Простота эксплуатации | 0,2 | 5 | 4 | 3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 7. Конкурентоспособность продукта | 0,05 | 4 | 4 | 3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| 8. Уровень проникновения на рынок | 0,05 | 2 | 4 | 5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| 9. Цена | 0,1 | 4 | 5 | 4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| Итого | 1 | 35 | 35 | 35 | 4,7 | 3,15 | 3,6 |

Ф – комплекс с аппаратной реализацией и возможностью изменений всяких перечисленных входных параметров, К1 – программа с возможностью изменений всяких перечисленных входных параметров (без аппаратной реализации), К2 – комплекс с аппаратной реализацией и возможностью частичных изменений перечисленных входных параметров.

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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента, V_i – вес показателя (в долях единицы), B_i – балл i -го показателя.

Из таблицы 1 видно, что разрабатываемый продукт конкурентоспособен, по сравнению с конкурентной продукцией, за счет таких показателей, как простота эксплуатации, надежность, функциональная мощность. Однако разрабатываемый образец уступает в функциональной мощности. Следовательно, для того чтобы удержать данный продукт на рынке в будущем необходимо в будущем увеличить функциональную мощность.

6.1.3 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 2.

Таблица 2 Матрица SWOT

| | | |
|--|---|--|
| | <p align="center">Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>S1. Простота эксплуатации S2. Возможность работы в режиме генератора S3. Экологичность технологии. S4. Работа с лабораторными установками S5. Высокая ресурсоэффективность</p> | <p align="center">Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>W1. Функциональные ограничения W2. Относительно высокая стоимость производства W3. Низкая универсальность применения</p> |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| <p>Возможности: О1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ О2. Появление дополнительного спроса на новый продукт О3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> | | |
| <p>Угрозы: Т1. Отсутствие спроса на новые технологии Т2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства Т3. Увеличение конкуренции</p> | | |

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 3. 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 3 Интерактивная матрица проекта.

| Сильные стороны проекта | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| | O1 | + | + | + | + | + |
| | O2 | + | + | + | - | + |
| | O3 | - | - | - | - | + |
| Угрозы проекта | T1 | - | - | - | - | + |
| | T2 | - | - | - | 0 | - |
| | T3 | - | - | - | - | + |
| Слабые стороны проекта | | | | | | |
| Возможности проекта | | W1 | W2 | W3 | | |
| | O1 | + | + | + | | |
| | O2 | 0 | - | - | | |
| | O3 | - | + | - | | |
| Угрозы проекта | T1 | + | - | - | | |
| | T2 | 0 | 0 | - | | |
| | 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 функциональности системы и повышение её универсальности. Ведь именно эти две слабости соответствуют большему числу угроз.

6.2 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 4.

Таблица 4 Морфологическая матрица для системы синхронизации лазерного монитора

| | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------|
| А. Источник питания | постоянный источник питания | аккумулятор | сеть |
| Б. Вычислительная система | микроконтроллер | микропроцессор | микросхема |
| В. Индикация | дисплей | монитор | светодиодная |
| Г. Элементная база | комбинированная | зарубежная | отечественная |
| Д. Мобильность | переносной | стационарный | ограниченная мобильность |
| 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.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 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 5.

Таблица 5 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 | Создание алгоритма программы | И |
| | 8 | Создание программного обеспечения | И |
| | 9 | Экспериментальная проверка теоретических расчетов | И |
| Обобщение и оценка результатов | 10 | Оценка эффективности полученных результатов | НР |
| Проведение ОКР | | | |
| 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 |

2.1. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (8)$$

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.

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 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (9)$$

где T_{p_i} – 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.

6.3.2 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

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 6.

Таблица 6. Временные показатели проведения научного исследования в первом исполнении.

| Название работы | Трудоёмкость работ | | | | | | | | | Исполнители | | Длительность работ в рабочих днях T_{pi} | | | Длительность работ в календарных днях T_{ki} | | |
|---|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------------|----|--|-------|-------|--|-------|-------|
| | t_{min} , чел-дни | | | t_{max} , чел-дни | | | $t_{ожи}$, 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 целей и задач, получение исходных данных | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 1 | 1 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,88 | 3,88 | 3,88 |
| Составление и утверждение ТЗ | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 1 | 0 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 4,61 | 4,61 | 4,61 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | 10 | 10 | 10 | 17 | 17 | 17 | 12 | 12 | 12 | 0 | 1 | 12 | 12 | 12 | 14,55 | 14,55 | 14,55 |
| Разработка календарного плана | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1 | 0 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Выбор структурной схемы устройства | 2 | 3 | 3,5 | 6 | 7,6 | 8 | 3,8 | 4,5 | 5 | 0 | 1 | 3,8 | 4,5 | 5 | 4,61 | 5,46 | 6,06 |
| Выбор принципиальной схемы устройства | 4 | 6 | 6 | 10 | 11 | 13 | 7,8 | 8,5 | 9 | 0 | 1 | 7,8 | 8,5 | 9 | 9,46 | 10,31 | 10,91 |
| Расчет принципиальной схемы устройства | 7 | 7 | 7 | 12 | 12 | 12 | 9 | 9 | 9 | 0 | 1 | 9 | 9 | 9 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Разработка макета устройства | 4 | 6 | 5 | 10 | 11 | 14 | 7,8 | 8,5 | 8,8 | 0 | 1 | 7,8 | 8,5 | 8,8 | 9,46 | 10,31 | 10,67 |
| Написание программ | 3 | 6 | 0 | 12 | 12 | 0 | 10,2 | 9 | 0 | 1 | 0 | 10,2 | 9 | 0 | 12,37 | 10,91 | 0,00 |
| Проведение экспериментальных исследований | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 | 4 | 5 | 6 | 1 | 1 | 4 | 5 | 6 | 4,85 | 6,06 | 7,28 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 1 | 1 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,88 | 3,88 | 3,88 |
| Оформление материала | 5 | 5 | 5 | 20 | 20 | 20 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 1 | 1 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 10,43 | 10,43 | 10,43 |
| Подведение итогов | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1 | 1 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Итого | 45 | 45 | 45 | 113 | 113 | 113 | 77 | 77 | 77 | 9 | 11 | 56,3 | 56,3 | 56,3 | 93,37 | 95,67 | 87,55 |

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

| Название работы | Исполнитель | $T_{кi}$ | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|------------------------------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|---|------|---|---|
| | | | февраль | | | март | | | апрель | | | май | | | июнь | | | июль | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР | 3,88 | ▨ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | 4,61 | | ▨ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 14,55 | | ▨ | ▨ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разработка календарного плана | НР, И | 2,18 | | | ▨ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выбор структурной схемы устройства | НР, И | 4,61 | | | ▨ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выбор принципиальной схемы устройства | НР, И | 9,46 | | | | ▨ | ▨ | | | | | | | | | | | | | |
| Расчет принципиальной схемы устройства | И | 10,91 | | | | | ▨ | ▨ | | | | | | | | | | | | |
| Разработка макета устройства | И | 9,46 | | | | | | ▨ | | | | | | | | | | | | |
| Написание программ | И | 12,37 | | | | | | | ▨ | ▨ | | | | | | | | | | |
| Проведение экспериментальных исследований | НР, И | 4,85 | | | | | | | | | ▨ | | | | | | | | | |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И | 3,88 | | | | | | | | | ▨ | | | | | | | | | |
| Оформление материала | И | 10,43 | | | | | | | | | | ▨ | ▨ | | | | | | | |
| Подведение итогов | НР, И | 2,18 | | | | | | | | | | | | ▨ | | | | | | |

6.4 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:

6.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi}, \quad (12)$$

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.);

Π_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.

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 _м), руб. | | |
|----------------------|-------------------|------------|--------|--------|-------------------|--|-------|-------|
| | | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 3 | | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
| Микроконтроллер | шт | 1 | 0 | 0 | 600 | 600 | 0 | 0 |
| Микросхема | шт | 0 | 0 | 1 | 3000 | 0 | 0 | 3000 |
| Процессор | шт | 0 | 1 | 0 | 1200 | 0 | 1200 | 0 |
| Постоянные резисторы | шт | 18 | 18 | 18 | 3 | 54 | 54 | 54 |
| Переменные резисторы | шт | 6 | 6 | 6 | 15 | 90 | 90 | 90 |
| Конденсаторы | шт | 12 | 12 | 12 | 5 | 60 | 60 | 60 |
| Штыревые разъемы | шт | 5 | 5 | 5 | 12 | 60 | 60 | 60 |
| Микросхема 74НС00 | шт | 4 | 4 | 4 | 15 | 15 | 45 | 0 |
| Разъем BNC | шт | 5 | 5 | 5 | 30 | 150 | 150 | 150 |
| Аккумулятор | шт | 0 | 1 | 0 | 430 | 0 | 430 | 0 |
| Монитор | шт | 0 | 1 | 0 | 1800 | 0 | 1800 | 0 |
| Дисплей | шт | 1 | 0 | 0 | 380 | 380 | 0 | 0 |
| Светодиоды | шт | 0 | 0 | 12 | 5 | 0 | 0 | 60 |
| Источник питания | шт | 1 | 0 | 0 | 200 | 200 | 0 | 0 |
| Итого | | | | | | 1609 | 3889 | 3474 |

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, 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 12.

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. | Аккумулятор | 0 | 1 | 0 | 2500 | 0 | 3000 | 0 |
| 4. | Паяльная станция | 1 | 1 | 1 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 |
| Итого: | | | | | | 42000 | 37500 | 34500 |

6.4.3 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 НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (13)$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (14)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_о}, \quad (15)$$

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);

$F_о$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 13).

Таблица 10 . Баланс рабочего времени.

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Инженер |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней | 366 | 366 |
| Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни | 64 | 64 |
| Потери рабочего времени-отпуск невыходы по болезням | 30 | 30 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 272 | 272 |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (16)$$

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

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

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 $Z_{тс}$);

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 | $Z_{тс}$, 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 | 0 | 34897, 29 | 1339, 23 | 138,3 | 185215,509 |
| Инженер | 1 | 6976,22 | 0,3 | 0 | 1,3 | 11161, 952 | 428,3 6 | 138,3 | 59242,188 |
| ИТОГО, руб | | | | | | | | | 244457,688 |

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 | Н | НР | 93,3 | 95,6 | | 133 | 133 | 133 | | | |
| Р | Р | | 7 | 7 | 87,55 | 9,23 | 9,23 | 9,23 | 125043,9 | 128124,1 | 117249,6 |
| И | И | И | 93,3 | 95,6 | | 428, | 428, | 428, | | | |
| | | | 7 | 7 | 87,55 | 36 | 36 | 36 | 39995,97 | 40981,2 | 37502,92 |
| ИТОГО, руб | | | | | | | | | 165039,9 | 169105,3 | 154752,5 |

7.4.2 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (17)$$

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

6.4.4 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (18)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 16).

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 | 125043,9 | 128124,1 | 117249,6 | 22225,86108 | 13129,8 | 13322,7 |
| Студент - дипломник | 39995,97 | 40981,2 | 37502,92 | 7109,0625 | 4199,64 | 4261,3 |
| $k_{внеб}$ | 0,271 | | | | | |
| Итого | | | | | | |
| Исполнение 1 | 52675,57 | | | | | |
| Исполнение 2 | 50523,81 | | | | | |
| Исполнение 3 | 46703,2 | | | | | |

6.4.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (19)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

6.4.6 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 таблице 17.

Таблица 14. Расчет бюджета затрат НИИ.

| Наименование статьи | Сумма, руб. | | | Примечание |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------------------|
| | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | |
| Материальные затраты НИИ | 1609 | 3889 | 3474 | Пункт 3.4.1 |
| Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 42000 | 37500 | 34500 | Пункт 3.4.2 |
| Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 165039,9 | 169105,3 | 154752,5 | Пункт 3.4.3 |
| Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 29334,92 | 17329,44 | 17584 | Пункт 3.4.4 |
| Отчисления во внебюджетные фонды | 52675,57 | 50523,81 | 46703,2 | Пункт 3.4.5 |
| Накладные расходы | 46505,5 | 44535,61 | 41122,19 | 16 % от суммы ст. 1-5 |
| Бюджет затрат НИИ | 337164,89 | 322883,16 | 298135,89 | Сумма ст. 1-6 |

6.5 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

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.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (таблица 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 | 337164,89 | 337164,89 | 1 |
| 2 | 322883,16 | | 0,92 |
| 3 | 298135,89 | | 0,88 |

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

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 (таблица 19).

Таблица 16. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

| Объект исследования Критерии | Весовой коэффициент параметра | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,1 | 5 | 3 | 4 |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,15 | 4 | 4 | 3 |
| 3. Помехоустойчивость | 0,15 | 5 | 4 | 4 |
| 4. Энергосбережение | 0,25 | 5 | 3 | 5 |
| 5. Надежность | 0,15 | 4 | 5 | 4 |
| 6. Материалоемкость | 0,20 | 4 | 5 | 3 |
| ИТОГО | 1 | 4,5 | 4 | 3,9 |

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (22)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблица 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (23)$$

Таблица 17. Сравнительная эффективность разработки.

| № п/п | Показатели | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
|-------|---|-------|-------|-------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 1 | 0,92 | 0,88 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,5 | 4 | 3,9 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 4,5 | 4,34 | 4,43 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | - | 1,037 | - |

Сравнив эффективности всех исполнений можно сделать вывод, что самым экономически выгодным исполнением является исполнение номер один. Экономическая выгода данного исполнения достигается за счет использования микроконтроллера и индикации на дисплее, что является наиболее универсальным и дешёвым методом. Спрос на систему синхронизации высокоскоростного лазерного монитора не велик, поэтому целесообразно выбрать исполнение номер один. Данный вариант является наиболее эффективным и менее трудозатратным, что позволит использовать минимальное количество временных и производственных ресурсов.