

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

Институт кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра программной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Разработка информационного программного обеспечения для оценки СВЧ
импульсов**

УДК _____

Студент

| | | | |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 8БМ51 | Соловьев Иван Николаевич | | |
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |

Руководитель

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент | Гальченко Валерий Григорьевич | К.Т.Н. | | |
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| | | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент | Конотопский Владимир Юрьевич | К.Э.Н. | | |
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |

По разделу «Социальная ответственность»

| | | | | |
|-----------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент | Извеков Владимир Николаевич | К.Т.Н. | | |
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| | | | | |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой | Иванов Максим Анатольевич | К.Т.Н. | | |
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты с использованием углубленных теоретических и практических знаний в области прикладной математики и информатики |
| P2 | Умение использовать междисциплинарные знания при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях |
| P3 | Способность применять полученные <i>профессиональные</i> знания для определения, формулирования и решения производственных задач и обоснованно выбирать <i>эффективные</i> методы проектирования для достижения <i>новых</i> результатов. |
| P4 | Способность осуществлять социально-ориентированную деятельность в соответствии с корпоративной политикой, с соблюдением норм профессиональной этики |
| P5 | Способность осуществлять педагогическую деятельность по профилю специализации и разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения. |
| P6 | Способность эффективно осуществлять организационно-управленческую, консалтинговую и консорциумную деятельность |
| <i>Общекультурные компетенции</i> | |
| P7 | <i>Свободно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в международных проектах. |
| P8 | Эффективно работать <i>индивидуально (или в качестве члена команды)</i> или <i>руководителем</i> производственного или научного коллектива по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы. |
| P9 | <i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию. |

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

Институт кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра Программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 8БМ51 | Соловьев Иван Николаевич |

Тема работы:

Разработка программно-информационного обеспечения для оценки СВЧ импульсов

Утверждена приказом директора Института
кибернетики (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| Исходные данные к работе | Существующие программные средства для оценки параметров СВЧ импульсов, научные исследования в области изучения СВЧ импульсов |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | Разработка программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульсов, сравнительный анализ работы существующего и разработанного программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульсов |

| | |
|--|--|
| Перечень графического материала | Изображение интерфейса приложения, исходные данные к программе |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| 1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Конотопский В.Ю. |
| 2. Социальная ответственность | Извеков В.И. |
| 3. Английский язык | Морозов В. С. |

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

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| доцент | Гальченко В.Г. | к. т. н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 8БМ51 | Соловьев Иван Николаевич | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 с., 14 рис., 17 табл., 13 источников, 3 прил.

Ключевые слова: СВЧ импульс, система программирования, параметры импульса, программное обеспечение.

Объектом исследования являются ранее разработанные программные средства для оценки параметров СВЧ импульса, а также существующие методы оценки параметров СВЧ импульса.

Цель работы – разработка программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульсов, а также оценка качества работы разработанного программного обеспечения.

В процессе исследования проводилось изучение существующих программных средств оценки параметров СВЧ импульса, выбор языка и среды программирования, разработка алгоритма работы программного обеспечения, оценка качества работы созданного программного обеспечения по сравнению с существующими решениями.

В результате исследования разработано программное обеспечение для оценки параметров СВЧ импульсов, проведен сравнительный анализ разработанного и существующего программного обеспечения.

Степень внедрения: низкая

Область применения: высокоточная электроника, радиоэлектроника.

Экономическая эффективность/значимость работы: низкая

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Определения

диаграмма направленности – графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости. Также термин «диаграмма направленности» применим к другим устройствам, излучающим сигнал различной природы, например, к акустическим системам.

центральная частота импульса — частота, соответствующая максимуму амплитудного спектра импульса

аттенюатор – радиотехническое устройство (напр. , в виде волновода или электрической цепи из резисторов) для понижения напряжения или мощности сигнала.

Сокращения

СВЧ импульс – сверхвысокочастотный импульс;

КВП – коаксиально волновой переход;

ГИН – генератор импульсного напряжения;

ПО – программное обеспечение.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 9 |
| 1. Обзор литературы | 11 |
| 1.1. Проблемы исследования СВЧ импульсов..... | 11 |
| 1.2. Описание экспериментальной установки | 11 |
| 1.3. Выводы по разделу | 15 |
| 2. Объект и методы исследования..... | 16 |
| 2.1. Постановка задачи | 16 |
| 2.2. Программные средства оценки параметров СВЧ импульсов | 16 |
| 2.3. Выводы по разделу | 18 |
| 3. Обзор и выбор инструментальных средств реализации проекта..... | 20 |
| 3.1. Выбор языка программирования и среды разработки..... | 20 |
| 3.1.1. Язык программирования общего назначения C++ | 20 |
| 3.1.2. Qt – кроссплатформенный инструментарий разработки ПО на языке программирования C++ | 23 |
| 3.1.3. Объектно-ориентированный язык программирования C#..... | 26 |
| 3.2. Выводы по разделу | 28 |
| 4. Разработка алгоритма оценки параметров СВЧ импульсов..... | 29 |
| 4.1. Математическое описание процесса калибровки | 29 |
| 4.2. Оценка параметров СВЧ импульсов на основе экспериментальных данных | 31 |
| 4.3. Разработка алгоритма работы программного обеспечения | 32 |
| 4.4. Выводы по разделу | 33 |
| 5. Программная реализация алгоритма..... | 34 |
| 5.1. Требования к программному продукту | 34 |
| 5.2. Проектирование интерфейса пользователя | 34 |
| 5.3. Реализация приложения..... | 38 |
| 5.4. Тестирование программного продукта | 38 |
| 5.5. Выводы по разделу | 39 |
| 6. Результаты проведенного исследования (разработки) | 40 |
| 6.1. Оценка параметров СВЧ импульсов с помощью разработанного ПО ... | 40 |
| 6.2. Сравнение с существующими программными средствами | 45 |
| 6.3. Выводы по разделу | 48 |

| | |
|--|----|
| 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ... | 50 |
| 7.1. Организация и планирование работ | 50 |
| 7.2. Продолжительность этапов работ..... | 52 |
| 7.3. Расчет накопления готовности проекта | 59 |
| 7.4. Расчет сметы затрат на выполнение проекта..... | 60 |
| 7.5. Расчет затрат на материалы..... | 61 |
| 7.6. Расчет заработной платы | 61 |
| 7.7. Расчет затрат на социальный налог | 63 |
| 7.8. Расчет затрат на электроэнергию..... | 63 |
| 7.9. Расчет амортизационных расходов | 64 |
| 7.10. Расчет прочих расходов..... | 65 |
| 7.11. Расчет общей себестоимости разработки | 65 |
| 7.12. Расчет прибыли..... | 66 |
| 7.13. Расчет НДС..... | 66 |
| 7.14. Цена разработки НИР | 66 |
| 7.15. Оценка экономической эффективности проекта | 66 |
| 7.16. Оценка научно-технического уровня НИР..... | 67 |
| 8. Социальная ответственность | 69 |
| 8.1. Аннотация | 69 |
| 8.2. Введение | 69 |
| 8.3. Производственная безопасность..... | 70 |
| 8.3.1. Повышенный уровень электромагнитных излучений..... | 71 |
| 8.3.2. Повышенный уровень статического электричества..... | 73 |
| 8.3.3. Статические физические перегрузки | 74 |
| 8.3.4. Перенапряжение зрительных анализаторов..... | 77 |
| 8.3.5. Повышенный уровень шума | 78 |
| 8.3.6. Недостаточная освещенность рабочей зоны | 80 |
| 8.3.7. Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте оператора персональной ЭВМ..... | 82 |
| 8.3.8. Неблагоприятный микроклимат | 84 |
| 8.3.9. Опасность возникновения пожара..... | 86 |
| 8.3.10. Опасность поражения электрическим током | 87 |
| 8.4. Экологическая безопасность | 88 |

| | |
|--|----|
| 8.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 89 |
| 8.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 93 |
| 8.6.1. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны..... | 93 |
| 9. Заключение (выводы) | 95 |
| 10. Список используемых источников | 97 |

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] описана схема измерения параметров СВЧ импульса. Детектированные сигналы с трёх измерительных каналов поступают на цифровой осциллограф и записываются в виде текстовых файлов. Для приёмных детекторов имеются предварительно полученные с помощью генератора импульсов калибровочные кривые. Кривые показывают зависимость выходного напряжения датчиков от СВЧ мощности на входе измерительного канала при различных частотах СВЧ сигнала. Обработка экспериментальных данных, полученных с помощью цифрового осциллографа, проводилась с использованием программного обеспечения, созданного в среде MathCad. Текстовые файлы считывались программой MathCad для получения графиков различных параметров СВЧ импульса. Для экспериментатора программное обеспечение в среде MathCad является достаточно неудобным, так как требует ввода множества исходных данных непосредственно в программе.

Существующее программное обеспечение устарело и не удовлетворяет требованиям экспериментатора, в связи с этим возникает потребность в создании нового программного обеспечения с использованием современных программных средств. Разработанное программное обеспечение должно предоставить экспериментатору возможность более удобного ввода и редактирования исходных данных, а также дальнейшую их обработку и визуализацию.

Цель работы: разработка программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульсов, а также оценка качества работы разработанного программного обеспечения.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- а. изучить существующее программное обеспечение для оценки параметров СВЧ импульсов;
- б. разработать новое программное обеспечение для оценки параметров СВЧ импульсов;

- в. оценить качество работы разработанного программного обеспечения;
- г. провести сравнительный анализ оценок параметров СВЧ импульса, полученных с использованием разработанного и существующего программного обеспечения.

Актуальность темы обусловлена ограниченными возможностями экспериментатора при оценке параметров СВЧ импульса. При использовании разработанного программного обеспечения предполагается заметно упростить работу с экспериментальными данными, а также предоставить более расширенные возможности визуализации результатов обработки этих данных, что позволит экспериментатору выполнить более качественную оценку параметров СВЧ импульсов.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Проблемы исследования СВЧ импульсов

Измерение параметров мощных СВЧ импульсов вызывает определенные трудности, в первую очередь обусловленные отсутствием калиброванных датчиков способных работать при больших спектральных плотностях энергии, вызывающих нелинейные эффекты в среде распространения.

Существующие приборы для измерения параметров радиосигналов с частотами порядка 3 ГГц, например, цифровые осциллографы с частотой выборки больше 10 ГГц, а также измерители спектральных характеристик, весьма дороги и недоступны. Измерение частоты таких сигналов за пределами волновода с дальнейшим уточнением ее значения полосовым фильтром требует многократных повторений сигналов. Такой способ недостаточно точен и позволяет оценить только центральную частоту импульса без возможности измерения ее хода за время импульса.

Стоит отметить, что калибровка измерительных каналов прохождения СВЧ импульсов, проходящих по различным элементам экспериментальной установки, является важной задачей для количественной оценки параметров СВЧ импульсов при проведении экспериментальных исследований.

1.2. Описание экспериментальной установки

В основе измерителя частотного состава мощных СВЧ импульсов заложен метод сравнения сигналов с двух частотно-зависимых каналов поступления СВЧ мощности с использованием цифрового осциллографа, компьютера и программного пакета, разработанного в среде Qt 4.5 C++. Измеритель позволяет регистрировать спектр и изменение во времени несущей частоты излучения в диапазоне 2,7 – 3,7 ГГц. Блок-схема измерителя частотного состава редкоповторяющихся импульсов приведена на рисунке 1.

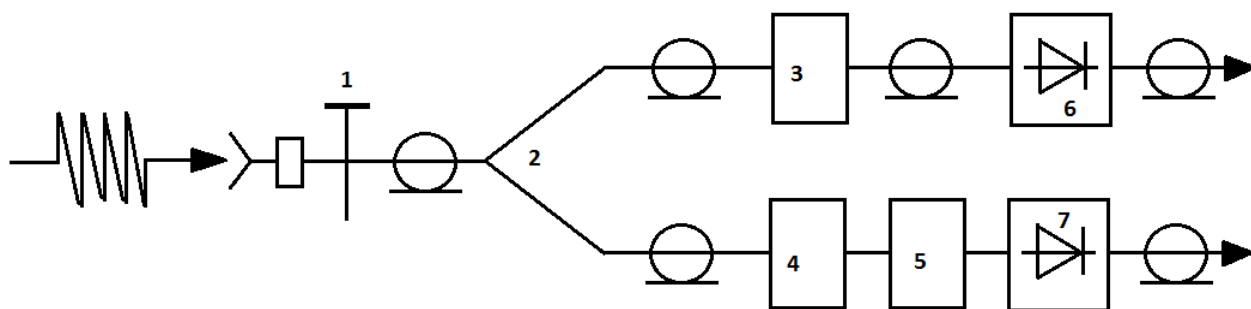


Рисунок 1. Блок-схема измерителя частотного состава СВЧ импульса. 1 – КВП; 2 – тройник; 3, 4 – фиксированный аттенюатор; 5 – запредельный аттенюатор; 6, 7 – детекторная головка.

Измеритель состоит из коаксиально-волноводного перехода 1, коаксиального согласованного широкополосного тройника 2, двух широкополосных фиксированных аттенюаторов 3 и 4, «запредельного» аттенюатора 5 и двух широкополосных коаксиальных детекторных головок 6 и 7 с полупроводниковыми СВЧ диодами. Использование двух детекторов для измерения частоты предложено в [2].

СВЧ мощность поступает на антенну и далее через согласованный тройник 2 распространяется по двум измерительным каналам. В одном из каналов, называемом широкополосным или линейным, после фиксированного аттенюатора установлена коаксиальная детекторная головка 6 с полупроводниковым СВЧ диодом для детектирования СВЧ импульса. Во втором канале, называемом дисперсным или нелинейным, между фиксированным аттенюатором и коаксиальной детекторной головкой 7, которая подобна головке в широкополосном канале, установлен запредельный аттенюатор, ослабление которого зависит от частоты по определенному закону (рисунок 2).

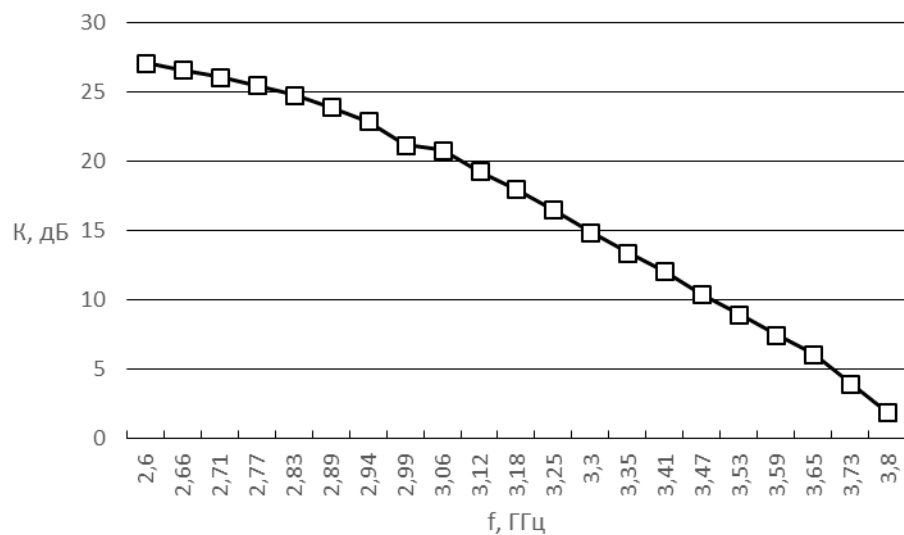


Рисунок 2. Зависимость коэффициента прохождения K СВЧ сигнала через запредельный аттенюатор от его частоты f .

Детектированные сигналы с двух измерительных каналов поступают на разные каналы осциллографа. Для обоих каналов предварительно измеряются калибровочные характеристики $P_L = F(U, f)$ и $P_N = F(U, f)$, показывающие зависимости выходного напряжения от СВЧ мощности на входе измерителя при различных частотах СВЧ сигнала. Их способ получения описан в [3].

Схема эксперимента для оценки параметров СВЧ импульсов, прошедших по измерительному каналу и других параметров установки представлена на рисунке 3. Сигналы, снимаемые с экспериментальной установки, регистрируются двумя четырехканальными цифровыми осциллографами и записываются в соответствующие файлы, при этом при обработке полученных величин используются коэффициенты, которые вычисляются в зависимости от измеряемых параметров.

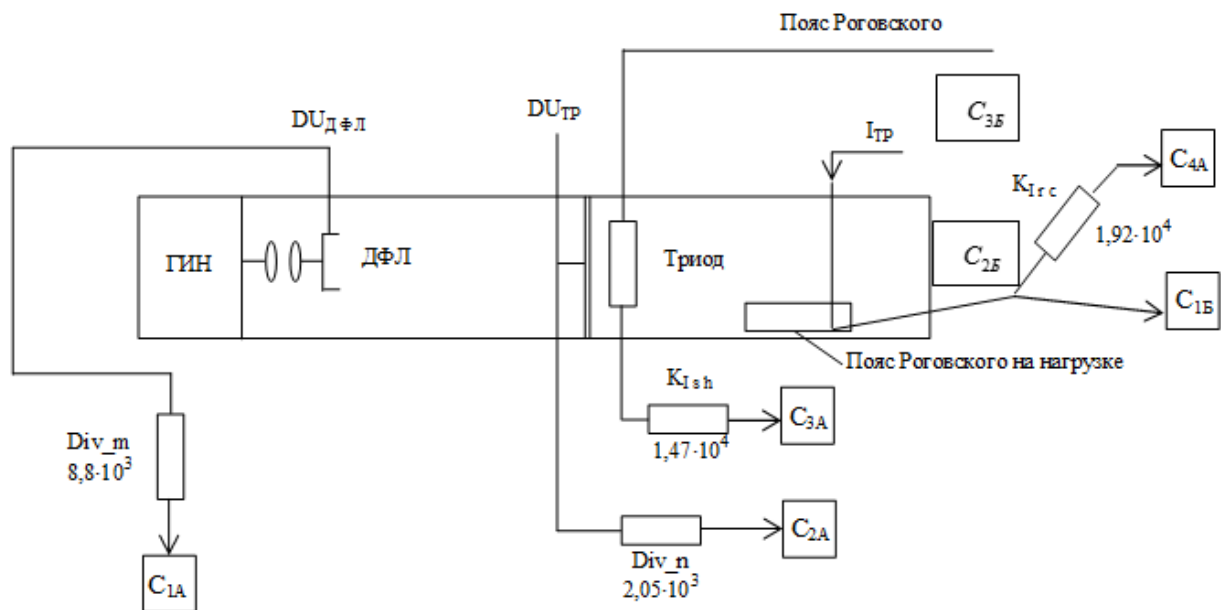


Рисунок 3. Схема экспериментальной установки,

где C1A (U_m) – напряжение с ГИН (генератора СВЧ импульсов);

C2A (U_n) – напряжение на диоде;

C3A (I_{sh}) – ток в триоде;

C4A (I_{rc}) – ток в поясе Роговского;

C1B (I_{kp}) – ток в поясе Роговского на нагрузке;

Div_m – аттенюатор ГИН;

Div_n – делитель напряжения на диоде;

KIsh – коэффициент ослабления в цепи тока триода;

KIrc – коэффициент в цепи измерения тока в поясе Роговского;

C2B (U_7) – напряжение с линейного детектора;

C3B (U_8) – напряжение с нелинейного детектора;

C4B (U_{1d}) – напряжение с подвижного детектора.

Основными параметрами, которые находятся при обработке данных, полученных после проведения эксперимента, являются графики огибающих

СВЧ импульса. Регистрация параметров СВЧ импульса производится линейным и нелинейным датчиками измерительных каналов осциллографов. С использованием калибровочных характеристик линейного и нелинейного каналов осциллографов находятся частотные зависимости измеренной мощности линейного и нелинейного каналов для выходных напряжений датчиков и приведенная импульсная мощность импульса.

1.3. Выводы по разделу

В ходе обзора литературы по данной тематике, были изучены проблемы регистрации СВЧ импульсов, а также экспериментальная установка для измерения частотного состава мощных СВЧ импульсов наносекундной длительности. Получено представление об экспериментальных данных, которые будут использоваться для последующей обработки в программном обеспечении, а также о параметрах и характеристиках СВЧ импульса, получаемых с помощью разрабатываемого нами программного обеспечения.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Постановка задачи

Объектами исследования являются ранее разработанные программные средства для оценки параметров СВЧ импульса, а также существующие методы оценки параметров СВЧ импульса.

Предметом исследования является разработка программного обеспечения для оценки различных параметров СВЧ импульсов, исходя из данных, полученных в ходе проведения эксперимента по измерению частотного состава СВЧ импульсов.

В соответствие с вышеизложенным требуется решить следующие задачи:

- а. исследовать существующие программные средства для оценки параметров СВЧ импульсов;
- б. изучить существующие методы оценки параметров СВЧ импульсов;
- в. разработать программное обеспечение для оценки параметров СВЧ импульса;
- г. оценить качество работы разработанного программного обеспечения;
- д. сравнить результаты работы разработанного программного обеспечения с результатами работы существующих средств оценки параметров СВЧ импульса.

2.2. Программные средства оценки параметров СВЧ импульсов

В настоящее время для оценки параметров СВЧ импульсов применяются программные средства, реализованные в среде Mathcad. Данный инструментарий представляет собой Mathcad документ, в котором реализован следующий функционал:

- а. ввод исходных данных эксперимента (параметры среды, характеристики элементов экспериментальной установки, задержки импульса и т.п.);
- б. считывание экспериментальных данных из файлов;
- в. расчет и визуализация в виде графиков следующих параметров СВЧ импульса:
 - зависимость напряжения U_m на ГИН от времени;
 - зависимость напряжения U_n на диоде от времени;
 - зависимость тока I_{sh} на диоде от времени;
 - зависимость тока I_{rc} на диоде в поясе Роговского от времени;
 - зависимость тока I_{kr} на диоде в поясе Роговского под нагрузкой от времени;
 - зависимость напряжения U_7 на линейном детекторе от времени;
 - зависимость напряжения U_8 на нелинейном детекторе от времени;
 - зависимость напряжения U_{1d} на подвижном детекторе от времени.

Листинг существующей программы, реализованной в Mathcad представлен в приложении А.

Одним из недостатков данного средства оценки параметров СВЧ импульса является, в первую очередь, крайне неудобный ввод исходных данных эксперимента, обусловленный заданием новых значений для каждой из переменных непосредственно в документе Mathcad. Также стоит отметить трудоемкое считывание экспериментальных данных с измерительных каналов осциллографов. Для этого экспериментатору следует:

- а. в отдельную для каждого из осциллографов папку поместить по четыре файла с экспериментальными данными (по одному для каждого канала осциллографа);

- б. непосредственно в документе Mathcad указать путь к каждой из двух папок;
- в. при выборе данных другого эксперимента следует повторить вышеуказанные действия.

В процессе анализа полученных после расчетов графиков и последующей оценке параметров СВЧ импульсов экспериментатор имеет следующие ограничения:

- а. отсутствие возможности увеличить график, не вводя изменения непосредственно в документе Mathcad;
- б. отсутствие возможности отобразить график на определенном временном интервале, не вводя изменения непосредственно в документе Mathcad;

Также стоит отметить, что в существующем решении нет возможности оценить такие параметры СВЧ импульса, как:

- а. диаграмма направленности СВЧ импульса;
- б. мощность импульса в зависимости от его частоты;
- в. частоты с минимальной разностью мощности импульса с линейного и нелинейного измерительных каналов экспериментальной установки;
- г. падение мощности СВЧ импульса, измеряемой подвижным детектором, в зависимости от направления излучения.

2.3. Выводы по разделу

Определены объект и предмет исследования, поставлены задачи исследования, изучено существующее программное средство оценки параметров СВЧ импульсов, реализованное в среде Mathcad. В результате выявлены недостатки данного инструментария, а именно:

- а. неудобство ввода и редактирования исходных данных эксперимента;

- б. неудобство ввода и редактирования экспериментальных данных;
- в. отсутствие дополнительных возможностей работы с графиками оцениваемых параметров СВЧ импульса;
- г. отсутствие возможности оценки некоторых параметров СВЧ импульса.

В разрабатываемом программном обеспечении предполагается устранить выявленные недостатки и расширить функционал, предоставив оценки недостающих параметров СВЧ импульса.

3. ОБЗОР И ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

3.1. Выбор языка программирования и среды разработки

3.1.1. Язык программирования общего назначения C++

C++ (англ. C++) — компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает разные парадигмы программирования: процедурную, обобщённую, функциональную; наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования.

Название «C++» происходит от C, в котором унарный оператор ++ обозначает инкремент переменной.

В 1990-х годах язык стал одним из наиболее широко применяемых языков программирования общего назначения.

При создании C++ стремились сохранить совместимость с языком Си. Большинство программ на C будут исправно работать и с компилятором C++. C++ имеет синтаксис, основанный на синтаксисе C. [4]

В 1990 году вышло «Комментированное справочное руководство по C++», положенное впоследствии в основу стандарта. Последние обновления включали шаблоны, исключения, пространства имён, новые способы приведения типов и булевский тип.

Стандартная библиотека Си++ также развивалась вместе с ним. Первым добавлением к стандартной библиотеке Си++ стали потоки ввода/вывода, обеспечивающие средства для замены традиционных функций Си printf и scanf. Позднее самым значительным развитием стандартной библиотеки стало включение в неё Стандартной библиотеки шаблонов.

После многих лет работы совместный комитет ANSI-ISO стандартизировал Си++ в 1998 году (ISO/IEC 14882:1998 — Язык программирования Си++). В течение нескольких лет после официального выхода стандарта комитет обрабатывал сообщения об ошибках и в итоге

выпустил исправленную версию стандарта Си++ в 2003 году. В настоящее время рабочая группа МОС (ISO) работает над новой версией стандарта под кодовым названием С++09 (ранее известный как С++0X), который должен выйти в 2009 году.

Никто не обладает правами на язык Си++, он является свободным. Однако сам документ стандарта языка (за исключением черновиков) не доступен бесплатно.

Достоинства

С++ — чрезвычайно мощный язык, содержащий средства создания эффективных программ практически любого назначения, от низкоуровневых утилит и драйверов до сложных программных комплексов самого различного назначения. В частности:

- а. Поддерживаются различные стили и технологии программирования, включая традиционное директивное программирование, ООП,
- б. Имеется возможность работы на низком уровне с памятью, адресами, портами.
- в. Возможность создания обобщённых алгоритмов для разных типов данных, их специализация и вычисления на этапе компиляции, используя шаблоны.
- г. Кроссплатформенность. Доступны компиляторы для большого количества платформ, на языке С++ разрабатывают программы для самых различных платформ и систем.
- д. Эффективность. Язык спроектирован так, чтобы дать программисту максимальный контроль над всеми аспектами структуры и порядка исполнения программы. Ни одна из языковых возможностей, приводящая к дополнительным накладным расходам, не является обязательной для использования — при необходимости язык позволяет обеспечить максимальную эффективность программы.

К недостаткам C++ можно отнести:

- а. Сложность и избыточность, из-за которых C++ трудно изучать, а построение компилятора сопряжено с большим количеством проблем. В частности:
- б. В языке практически полностью сохранён набор конструкций Си, к которому добавлены новые средства. Во многих случаях новые средства и механизмы позволяют делать то же самое, что и старые, но в языке сохраняются оба варианта.
- в. Поддержка множественного наследования реализации в ООП-подсистеме языка вызывает целый ряд логических проблем, а также создаёт дополнительные трудности в реализации компилятора.
- г. Шаблоны в своём исходном виде приводят к порождению кода очень большого объёма, а введённая позже в язык возможность частичной спецификации шаблонов трудно реализуема и не поддерживается многими существующими компиляторами.
- д. Недостаток информации о типах данных во время компиляции (СТП).
- е. Метапрограммирование на основе шаблонов C++ сложно и при этом ограничено в возможностях. Оно состоит в реализации средствами шаблонов C++ интерпретатора примитивного функционального языка программирования, выполняющегося во время компиляции. Сама по себе данная возможность весьма привлекательна, но такой код весьма трудно воспринимать и отлаживать. Языки Lisp/Scheme, Nemerle и некоторые другие имеют более мощные и одновременно более простые для восприятия подсистемы метапрограммирования. Кроме того, в языке D реализована сравнимая по мощности, но значительно более простая в применении подсистема шаблонного метапрограммирования.

- ж. Хотя декларируется, что C++ мультипарадигменный язык, реально в языке отсутствует поддержка функционального программирования. Отчасти, данный пробел устраняется различными библиотеками (Loki, Boost) использующими средства метапрограммирования для расширения языка функциональными конструкциями (например, поддержкой лямбд/анонимных методов), но качество подобных решений значительно уступает качеству встроенных в функциональные языки решений. Такие возможности функциональных языков, как сопоставление с образцом, вообще крайне сложно эмулировать средствами метапрограммирования.
- з. Некоторые считают недостатком языка C++ отсутствие встроенной системы сборки мусора. С другой стороны, в C++ имеется достаточно средств, позволяющих почти исключить использование опасных указателей, нет принципиальных проблем и в реализации и использовании сборки мусора (на уровне библиотек, а не языка). Отсутствие встроенной сборки мусора позволяет пользователю самому выбрать стратегию управления ресурсами [5].

3.1.2. Qt – кроссплатформенный инструментарий разработки ПО на языке программирования C++

Qt – кроссплатформенный инструментарий разработчика прикладного программного обеспечения, широко используемый для создания графических интерфейсов. Он написан на C++ и предоставляет мощные расширения этого языка. Также доступны интерфейсы для других языков программирования, таких как Python (PyQt), Ruby (Korundum/QtRuby) и Perl (PerlQt). Со времени своего появления библиотека Qt легла в основу тысяч успешных проектов во всем мире. Кроме того, Qt является фундаментом популярной рабочей среды KDE, входящей в состав многих дистрибутивов Linux.

Qt позволяет запускать написанное с его помощью программное обеспечение в большинстве современных операционных систем путем простой компиляции программы для каждой ОС без изменения исходного кода. Включает в себя все основные классы, которые могут потребоваться при разработке прикладного программного обеспечения, начиная от элементов графического интерфейса пользователя и заканчивая классами для работы с сетью, базами данных и XML. Qt является объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования.

Qt позволяет создавать собственные плагины и размещать их непосредственно в панели визуального редактора. Также существует возможность расширения привычной функциональности виджетов, связанной с размещением их на экране, отображением, перерисовкой при изменении размеров окна [6].

При создании графических пользовательских интерфейсов взаимодействие объектов часто осуществляется через обратные вызовы, т.е. передачу кода для последующего выполнения (в виде указателей на функции, функторов, и т.д.). Также популярна концепция событий и обработчиков, в которой обработчик действует как перехватчик события определенного объекта [7].

Qt – это не только элементы графического интерфейса. Этот фреймворк представляет собой взаимосвязанную систему. Родственность Qt-объектов осуществляется через наследование класса QObject. А связи между ними через сигнально-слотовую систему. Для того чтобы объекты могли общаться, был введён механизм сигналов и слотов. С помощью этого объекты сообщают друг другу о произошедших событиях и отсылают нужные данные. Слот, как и функция-член, может быть публичной, приватной, защищённой или виртуальной. Он вызывается, если приходит подсоединённый к нему сигнал. Сигнал в свою очередь генерируется, если в коде обработки события имеется вызов(макрос) emit signal() [8].

Сигнал отправляется при вызове соответствующего ему метода. Программисту при этом нужно только указать прототип метода в разделе `signals`.

Слот является методом, исполняемым при получении сигнала. Слоты могут объявляться в разделе `public slots`, `protected slots` или `private slots`. При этом уровень защиты влияет лишь на возможность вызова слотов в качестве обычных методов, но не на возможность подключения сигналов к слотам.

Модель сигналов и слотов отличается от модели событий и обработчиков тем, что слот может подключаться к любому числу сигналов, а сигнал может подключаться к любому числу слотов. При отправке сигнала будут вызваны все подключенные к нему слоты (порядок вызовов не определен).

Для создания связи между сигналом и слотом необходимо прописать:

- а. отправителя и его сигнал;
- б. получателя и его слот;
- в. тип соединения, который зависит от того используете вы соединение в потоке или нет. По умолчанию тип соединения определяется автоматически.

Механизм сигналов и слотов является одной из отличительных особенностей фреймворка Qt. Такой подход призван заменить старую технику функций обратного вызова, применений которой накладывало серьезные ограничения на разработку программ и вело к серьезному усложнению исходного кода. С помощью механизма сигналов и слотов можно объединить объекты, которые абсолютно не связаны между собой [9].

Из преимуществ данного механизма можно выделить следующие:

- а. каждый унаследованный от `QObject` класс имеет неограниченное количество сигналов и слотов;
- б. один сигнал можно соединить со множеством слотов, также слот может принимать сообщения от многих сигналов;

- в. сигнал можно соединить со слотом и разъединить в любое время в любом месте исходного кода программы.

Однако, есть и недостатки такого подхода:

- а. вызов метода через механизм сигналов и слотов немного медленнее, чем вызов функции при использовании механизма функций обратного вызова;
- б. реализация механизма принадлежит классу QObject, поэтому разрабатываемый класс должен быть его наследником.

3.1.3. Объектно-ориентированный язык программирования C#

C# — объектно-ориентированный язык программирования. Разработан в 1998—2001 годах группой инженеров под руководством Андерса Хейлсберга в компании Microsoft как язык разработки приложений для платформы Microsoft .NET Framework и впоследствии был стандартизирован как ECMA-334 и ISO/IEC 23270.

C# относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML.

Переняв многое от своих предшественников — языков C++, Pascal, Модула, Smalltalk и в особенности Java — C#, опираясь на практику их использования, исключает некоторые модели, зарекомендовавшие себя как проблематичные при разработке программных систем, например, C# в отличие от C++ не поддерживает множественное наследование классов (между тем допускается множественное наследование интерфейсов). [10]

C# разрабатывался как язык программирования прикладного уровня для CLR и, как таковой, зависит, прежде всего, от возможностей самой CLR. Это касается, прежде всего, системы типов C#, которая отражает BCL. Присутствие или отсутствие тех или иных выразительных особенностей языка диктуется тем, может ли конкретная языковая особенность быть транслирована в соответствующие конструкции CLR. Так, с развитием CLR от версии 1.1 к 2.0 значительно обогатился и сам C#; подобного взаимодействия следует ожидать и в дальнейшем (однако, эта закономерность была нарушена с выходом C# 3.0, представляющего собой расширение языка, не опирающиеся на расширения платформы .NET). CLR предоставляет C#, как и всем другим .NET-ориентированным языкам, многие возможности, которых лишены «классические» языки программирования. Например, сборка мусора не реализована в самом C#, а производится CLR для программ, написанных на C# точно так же, как это делается для программ на VB.NET, J# и др.

Версия C# 3.0, окончательно вышедшая уже в 2008 году, полностью изменила мир программирования. Множество важных новшеств позволили C# стать флагманом в эволюционном развитии языков программирования. К ним относятся такие нововведения как: язык интегрированных запросов (LINQ), позволивший осуществлять запросы из XML, из SQL; не явно типизированные переменные и методы расширения; Lambda-выражения, которые назначают реализацию кода делегатам с помощью нового, более простого синтаксиса. Lambda-выражения вместе с языком интегрированных запросов выразили и акцентировали C# в качестве ведущего языка программирования. Анонимные типы переменных позволили избежать громоздкости и откровенного неудобства при описании переменных, дав возможность объявлять новый тип непосредственно при ее создании. Интересной новинкой в C# 3.0 стали так называемые «ленивые вычисления», которые производят необходимые вычисления только при запросе нужных соответствующих данных.

В 2010 году была выпущена текущая версия C# 4.0. Ее главным дополнением к предыдущим версиям стали именованные и необязательные аргументы. Именованные дают возможность привязки аргумента и параметра по имени, а неименованные позволяют указать аргумент, который используется по умолчанию, для каждого параметра. Не менее важное новшество – тип `dynamic`. Он объявляет объекты, проверка на соответствие типов которых происходит не при компиляции, а непосредственно во время выполнения программы. [10]

Другие важные средства C#, представленные в версии 4.0 значительно упрощают процесс создания программ. Правда, реализованы они не языком программирования, а средой Framework 4.0. Это библиотека распараллеливания задач (TPL) и параллельный вариант языка интегрированных запросов (PLNQ). Их поддержка позволяет осуществить параллельность выполнения кода в компьютерах с многоядерными процессорами или несколькими одноядерными. [11]

3.2. Выводы по разделу

В результате анализа инструментальных средств, предназначенных для реализации программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульса, было принято решение использовать кроссплатформенный инструментарий на языке программирования C++ – Qt. Выбор обусловлен ориентированностью данного фреймворка на быструю разработку графических интерфейсов, кроссплатформенностью, стабильностью, простотой освоения и написания кода. В качестве среды разработки программного обеспечения была выбрана среда Qt Creator, предлагающая упрощенную разработку приложений на Qt, т.к. позволяет отображать в отладчике данные из контейнеров Qt и имеет встроенный дизайнер интерфейсов [12].

4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СВЧ ИМПУЛЬСОВ

4.1. Математическое описание процесса калибровки

В основе оценки параметров СВЧ импульсов лежит использование калибровочных коэффициентов линейного и нелинейного измерительных каналов осциллографов.

Экспериментатор, который проводит калибровку детекторов, с помощью аттенюатора СВЧ генератора формирует восемь уровней импульсов с амплитудой от 15 до 33 Дб через 3 Дб, на частотах от 2700 МГц до 3700 МГц с шагом 100 МГц (11 частот). Напряжение на выходе линейного (частотно-независимого) и нелинейного (частотно-зависимого) детекторов на указанных частотах СВЧ импульсов записывается с помощью четырехканального осциллографа в два файла по 1001 отсчетов с временным интервалом 2 нс. Таким образом, в процессе градуировки с каждого датчика регистрируется 88 файлов, которые используются для получения калибровочных кривых.

Как показали исследования [1], калибровочные кривые линейного и нелинейного детекторов достаточно хорошо описываются полиномом шестого порядка, при этом существенно значимыми являются коэффициенты при первой, второй, пятой, шестой степени полинома, так как третья, четвертая степени аппроксимирующего полинома вносят вклад не более одного-двух процентов. Таким образом, калибровочный полином на фиксированной частоте, для заданного уровня импульсов с СВЧ генератора можно представить в виде:

$$F(x) = a_1x + a_2x^2 + a_5x^5 + a_6x^6, \quad (1)$$

где a_1, a_2, a_5, a_6 – неизвестные коэффициенты;

x – значение сигнала детектора на частоте, для которой производится калибровка.

Для нахождения коэффициентов полинома калибровки по полученным экспериментальным данным, используется метод наименьших квадратов. С этой

целью формируется функционал наименьших квадратов для линейного (частотно-независимого) детектора, для каждой частоты СВЧ генератора в виде:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} \left(U_{ijd} - (a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_5 x_i^5 + a_6 x_i^6) \right)^2, \quad (2)$$

где U_{ijd} – дискретные значения напряжений с детектора на фиксированной частоте для j – уровня импульсов с СВЧ генератора, $j = 1, \dots, 8$;

a_1, a_2, a_5, a_6 – градуировочные коэффициенты детектора на фиксированной частоте;

i – номер отсчета с детектора на заданной частоте для фиксированного уровня сигнала с СВЧ генератора;

x_i – значение i -го отсчета с детектора на частоте, для которой производится градуировка;

Аналогично записывается функционал наименьших квадратов F_2 для частотно-зависимого детектора.

Функционал достигает минимального значения при равенстве нулю частных производных от функционала по неизвестным коэффициентам:

$$\frac{\partial F_1}{\partial a_{1i}} = 0; \quad \frac{\partial F_1}{\partial a_{2i}} = 0; \quad \frac{\partial F_1}{\partial a_{5i}} = 0; \quad \frac{\partial F_1}{\partial a_{6i}} = 0. \quad (3)$$

Отсюда получим систему линейных уравнений для нахождения четырех градуировочных коэффициентов для линейного детектора на каждой из одиннадцати частот:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} U_{ija} x_i &= \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} (a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_5 x_i^5 + a_6 x_i^6) x_i; \\ \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} U_{ija} x_i^2 &= \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} (a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_5 x_i^5 + a_6 x_i^6) x_i^2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} U_{ij} x_i^5 = \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} (a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_5 x_i^5 + a_6 x_i^6) x_i^5$$

$$\sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} U_{ij} x_i^6 = \sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^{1001} (a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_5 x_i^5 + a_6 x_i^6) x_i^6$$

Решение системы уравнений (4), дает возможность получить матрицу градуировочных коэффициентов, размером (4x11) – четыре коэффициента для каждой из 11 частот калибровки.

Программное обеспечение для расчета калибровочных коэффициентов было реализован в работе [14]. Используя это программное обеспечение для каждого из трех детекторов (линейного, нелинейного и подвижного соответственно) были получены три текстовых файла с калибровочными коэффициентами с расширением txt. Пример одного из таких файлов представлен в приложении Б.

4.2. Оценка параметров СВЧ импульсов на основе экспериментальных данных

Для того, чтобы провести оценку параметров СВЧ импульса, необходимо считать экспериментальные данные из файлов, полученных с осциллографов А и Б (по четыре файла с каждого осциллографа), а также задать значения параметров эксперимента. Полный перечень исходных данных к разрабатываемому программному обеспечению представлен в приложении В.

После считывания экспериментальных данных необходимо получить восемь различных зависимостей (в скобках указан файл данных для построения зависимости):

- а. зависимость напряжения U_m на ГИИ от времени (С1А);
- б. зависимость напряжения U_n на диоде от времени (С2А);
- в. зависимость тока I_{sh} на диоде от времени (С3А);

- г. зависимость тока I_{rc} на диоде в поясе Роговского (1) от времени (С4А);
- д. зависимость тока $I_{кр}$ на диоде в поясе Роговского (2) под нагрузкой от времени (С1Б);
- е. зависимость напряжения U_7 на линейном детекторе от времени (С2Б);
- ж. зависимость напряжения U_8 на нелинейном детекторе от времени (С3Б);
- з. зависимость напряжения U_{1d} на подвижном детекторе от времени (С4Б).

Для экспериментатора также важно оценить следующие зависимости, объединенные в одном графике:

- а. зависимости от времени напряжения U_n , тока I_{rc} , тока $I_{кр}$, напряжения U_7 и напряжения U_{1d} ;
- б. зависимости от времени напряжений с трех детекторов – U_7 , U_8 , U_{1d} ;
- в. зависимость мощности P_p импульса с линейного детектора от времени и максимальное значение этой мощности;
- г. частоты с минимальной разностью мощности с линейного и нелинейного детекторов в зависимости от времени;
- д. мощность P импульса с линейного детектора в зависимости от частоты;
- е. относительное падение мощности P_{rec} импульса, измеряемой подвижным детектором, в зависимости от направления излучения;
- ж. диаграмма направленности СВЧ импульса.

4.3. Разработка алгоритма работы программного обеспечения

Исходя из вышеизложенного алгоритм работы программы состоит из следующих этапов:

- а. выбор файлов данных с коэффициентами калибровки;

- б. задание исходных параметров эксперимента;
- в. сохранение исходных параметров эксперимента;
- г. считывание экспериментальных данных, полученных с осциллографа А, из выбранной пользователем папки;
- д. считывание экспериментальных данных, полученных с осциллографа Б, из выбранной пользователем папки;
- е. расчет необходимых параметров СВЧ импульса;
- ж. визуализация этих параметров в виде различных графиков на форме приложения.

4.4. Выводы по разделу

Составлены необходимые для работы программы файлы с коэффициентами калибровки, исходными параметрами эксперимента, а также с экспериментальными данными с осциллографов. Получено представление о необходимых параметрах СВЧ импульса, которые требуется оценить экспериментатору с помощью разрабатываемого приложения. Составлен алгоритм работы программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульса.

5. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА

5.1. Требования к программному продукту

Разрабатываемое программное обеспечение должно соответствовать следующим требованиям:

- исходные параметры эксперимента, в том числе номер интересующего эксперимента, должны быть заданы по умолчанию и быть доступны для редактирования и сохранения;
- коэффициенты калибровки должны передаваться из файлов, выбранных пользователем;
- экспериментальные данные с каждого из осциллографов должны передаваться из указанных пользователем папок с учетом интересующего пользователя номера эксперимента;
- в программе должна присутствовать возможность увеличения графиков и отображения сетки для удобства оценки параметров СВЧ импульсов;
- для оцениваемых параметров должна присутствовать возможность отсечения временного интервала и получения количественной оценки интересующих пользователя параметров.

5.2. Проектирование интерфейса пользователя

В соответствие с установленными требованиями был разработан графический интерфейс пользователя, представленный на рисунках 4а-4г.

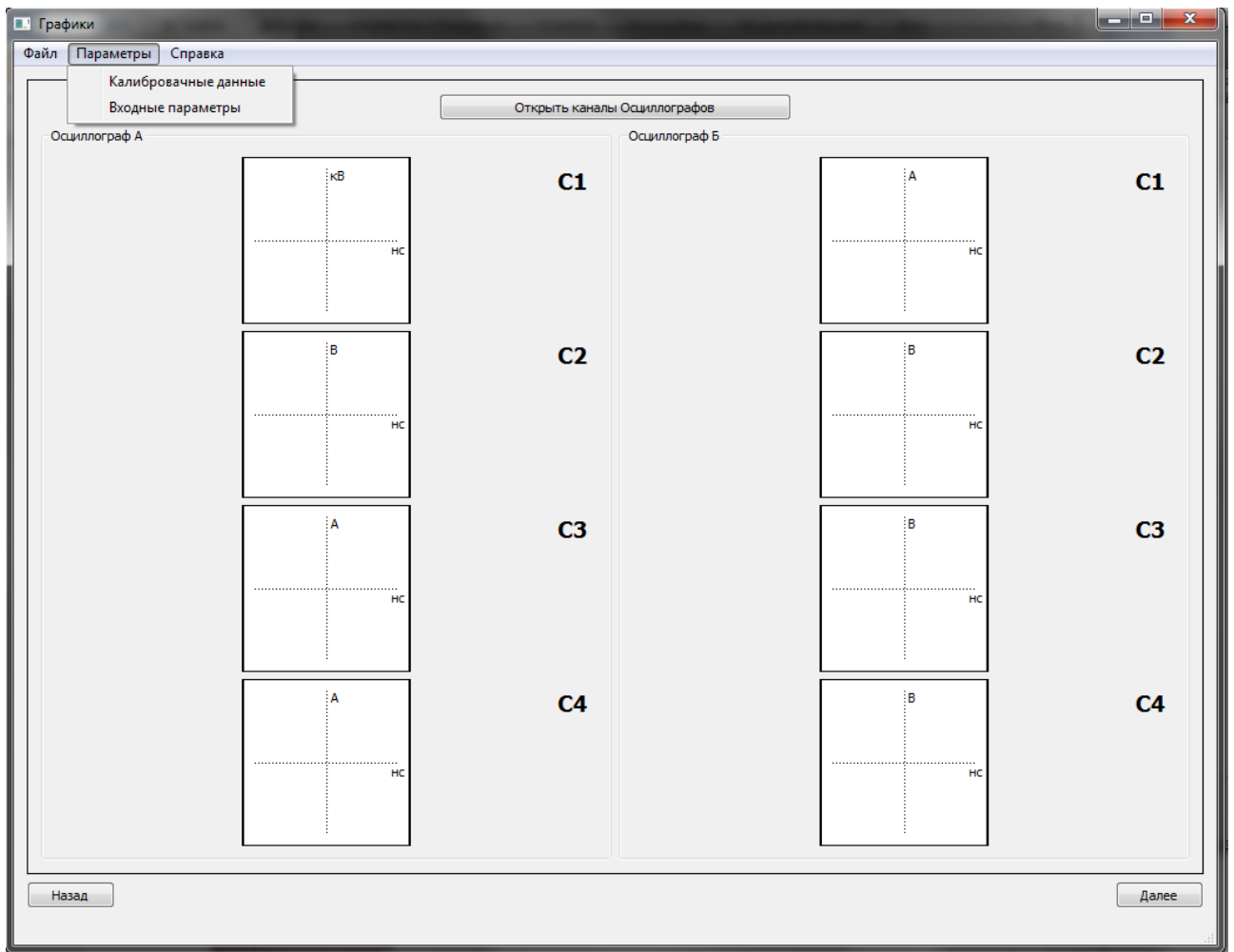


Рисунок 4а. Главная форма приложения

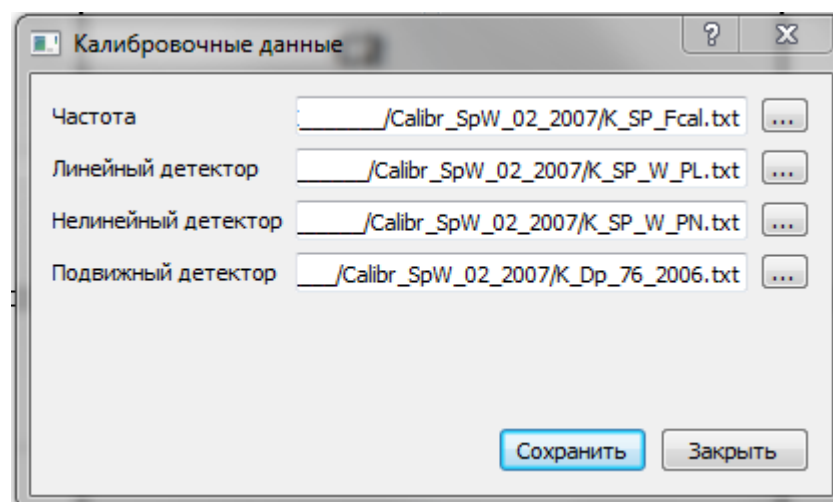


Рисунок 4б. Пункт главного меню «Калибровочные данные»

Входные параметры

| Данные по графикам | | Данные по задержке | |
|------------------------------------|-------|--|-------|
| Номер эксперим. (Num) | 00498 | Ослабл. измер. част. (L _{sp}) | 27 |
| Ослабитель 1A (DB5fx) | 50 | Ослабл. подв. детект. (L _{dp}) | 36 |
| Делитель 2A (Div _n) | 2050 | Генератор (Gener) | ПИТ |
| Ослабитель 2A (D1fx) | 205 | Скорость в волноводе (Vwg) | 22.77 |
| Шунт (Rsh) | 0.03 | Вода | 6 |
| Ослабитель 3A (D3fx) | 440 | Плекс | 13 |
| Коэффициент (RCoil) | 192 | RC цепь | 25 |
| Ослабитель 4A (DA6fx) | 50 | Шунт | 56 |
| k | 1e-09 | Генератор | 120 |
| Coef1 (коэф. для I _{кр}) | 1 | Длина пояса рог. | 250 |
| Coef2 (коэф. для I _s) | 1 | Длина волнов. | 250 |
| Coef3 (коэф. для U _n) | 0.085 | 1 кан. A(TLCns) | 122 |
| Coef4 (коэф. для U ₇) | 55000 | 3 кан. A(TLCsh) | 122 |
| Coef5 (коэф. для I _{rc}) | 1 | 4 кан. A(TLCrc) | 127 |
| Coef6 (коэф. для U _{1d}) | 55000 | 2 кан. Б(TLCdet) | 158 |
| Делитель 1A (Div _m) | 8800 | | |

Открыть

Сохранить

Заккрыть

Рисунок 4в. Пункт главного меню «Входные параметры»

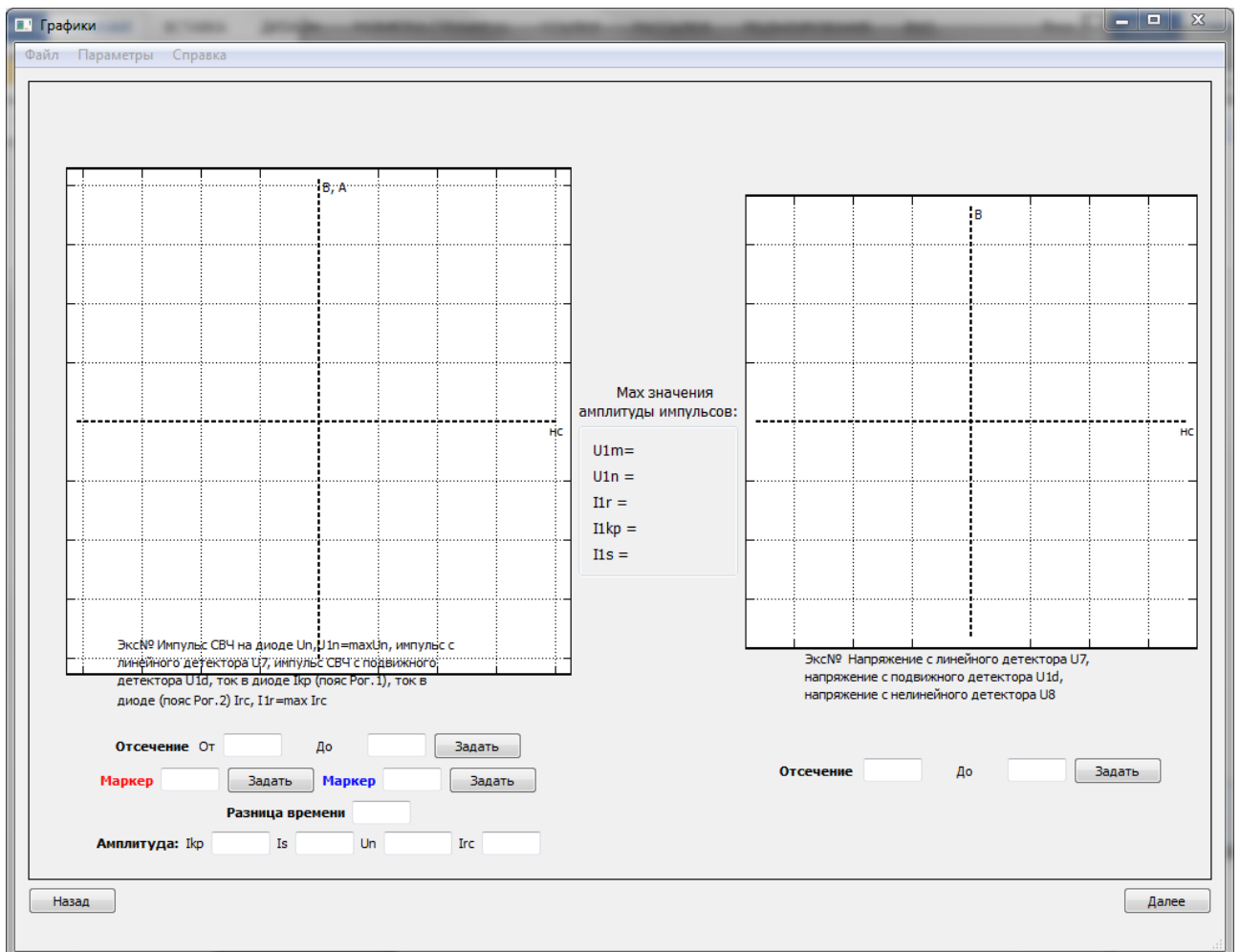


Рисунок 4г. Форма с графиками оцениваемых параметров СВЧ импульса

Назначение кнопок приложения:

- а. кнопка «Открыть каналы осциллографа» (рис. 4а) – открытие диалогового окна, предоставляющего пользователю поочередный выбор папок с экспериментальными данными. Форматы файлов с данными – *.txt, *.dat;
- б. кнопка «Назад» (рис. 4а, 4г) – возврат на предыдущую форму приложения;
- в. кнопка «Далее» (рис. 4а, 4г) – переход на следующую форму приложения;
- г. пункт главного меню «Параметры» → «Калибровочные данные» (рис. 4б) – открытие формы для выбора файлов с калибровочными коэффициентами (выбор производится через диалоговое окно);

- д. пункт главного меню «Параметры» → «Входные параметры» (рис. 4в) – открытие формы для задания исходных параметров эксперимента в соответствующих графах ввода;
- е. графы ввода «Отсечение От» и «До» на форме с графиками (рис. 4г) – задание временного отсечения для соответствующего графика.
- ж. графы ввода «Маркер» и «Маркер» на форме с графиками (рис. 4г) – задание положения на временной оси для подвижного (красного) и неподвижного (синего) маркеров;
- з. кнопка «Задать» на форме с графиками (рис. 4г) – применение введенных значений для отсечений или маркеров;
- и. не редактируемая графа «Разница времени» на форме с графиками (рис. 4г) – расстояние на временной оси между красным и синим маркерами.
- к. не редактируемые формы «Амплитуда:» на форме с графиками (рис. 4г) – вывод значений параметров СВЧ импульсов в момент времени, заданный для красного маркера.
- л. двойной щелчок по любому из отображаемых графиков позволяет увеличить этот график;
- м. двойной щелчок по увеличенному графику уменьшает этот график и возвращает форму в прежнее состояние (до увеличения).

5.3. Реализация приложения

Приложение реализовано в среде разработки Qt Creator 4.5 на языке программирования C++ с использованием библиотеки Qt. Работоспособность приложения проверена на экспериментальных данных с нескольких проведенных экспериментов.

5.4. Тестирование программного продукта

Тестирование разработанного приложения для оценки параметров СВЧ импульсов предполагает проверку корректного выполнения всех функций и требований, описанных в разделе 5.1 данной работы, корректного отображения

графиков параметров СВЧ импульса, а также наличие вывода предупреждающих сообщений при некорректном вводе данных, необходимых для работы программного обеспечения.

Тестирование приложения было проведено вручную путем ввода различных исходных данных (корректных и некорректных). В результате ввода некорректных данных, программа выдает предупреждающее сообщение до тех пор, пока пользователь не выберет исходные данные надлежащим образом. После выбора корректных данных работа программы продолжается.

Для проверки корректности отображения графиков параметров СВЧ импульсов было проведено сравнение с графиками, полученными при использовании программных средств Mathcad. В результате для одинаковых параметров СВЧ импульсов графики оказались идентичными, а в одни и те же моменты времени соответствующие параметры принимали одинаковые значения.

5.5. Выводы по разделу

Разработано программное обеспечение для оценки параметров СВЧ импульса в соответствии с установленными требованиями. Проведенные в процессе тестирования эксперименты доказывают правильность работы созданного программного обеспечения и его соответствие требованиям пользователя.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (РАЗРАБОТКИ)

6.1. Оценка параметров СВЧ импульсов с помощью разработанного ПО

На рисунке 5. представлены графики сигналов с датчиков, преобразованных в цифровую форму с помощью цифровых осциллографов А и Б. Экспериментальные данные имеют интервал дискретизации 2 нс.

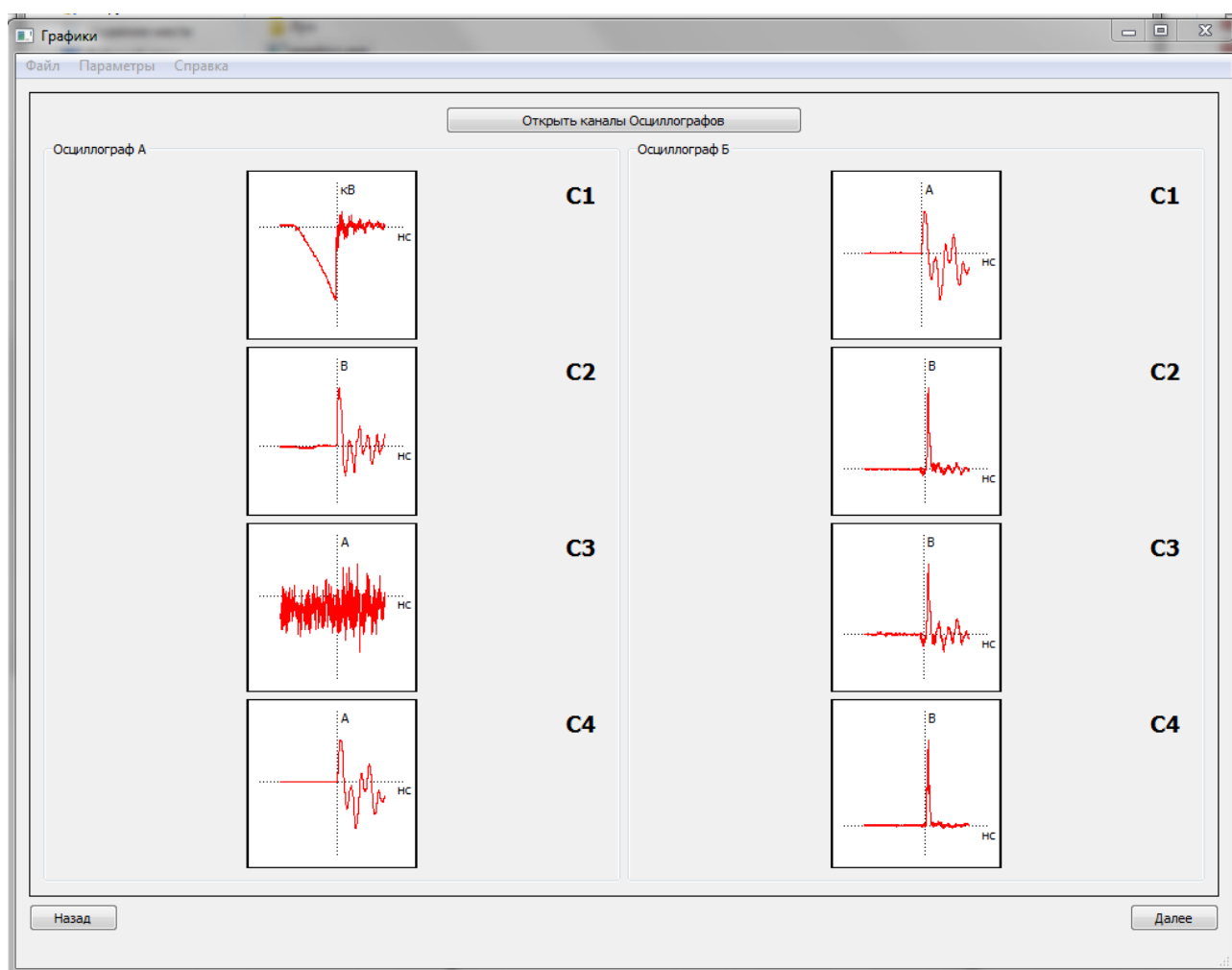


Рисунок 5. Графики сигналов с датчиков

В программе предусмотрена возможность получить увеличенное изображение графика, если дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши.

При анализе экспериментальных данных важное значение имеют следующие параметры: форма импульса СВЧ на диод, форма импульса с линейного детектора, форма импульса СВЧ с подвижного детектора. Формы

импульса данных параметров импульса СВЧ представлены на рисунке 6, где показано расположение красного и синего маркера, с помощью которых оценивается значение параметров в месте нахождения красного курсора в соответствующем окне и запаздывание между максимумами импульсов выбранных параметров.

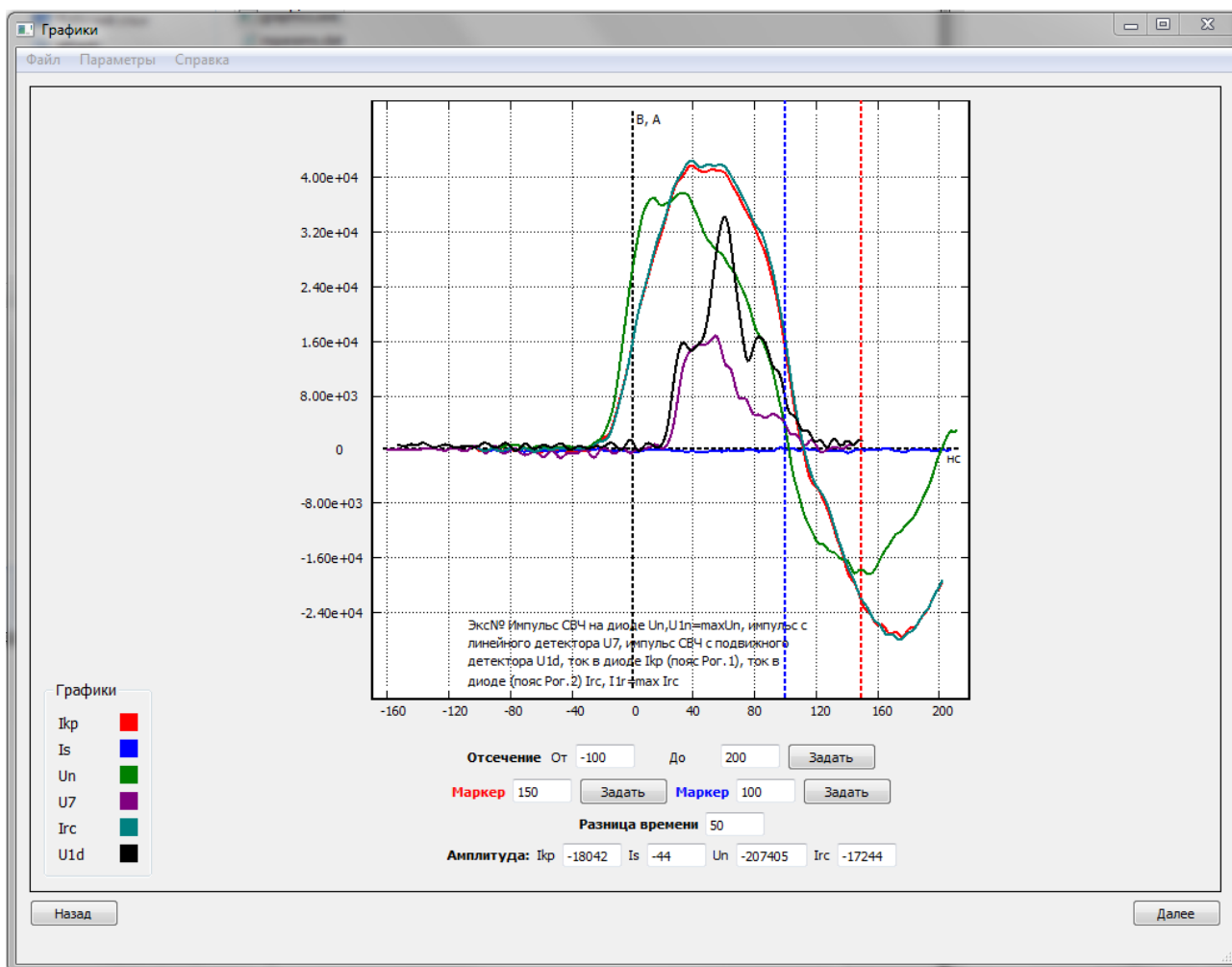


Рисунок 6. Форма СВЧ импульса

Сравнение напряжений с линейного, нелинейного и подвижного детектора представлено на рисунке 7. Экспериментатор по форме импульса может оценить правильность взаимного расположения датчиков.

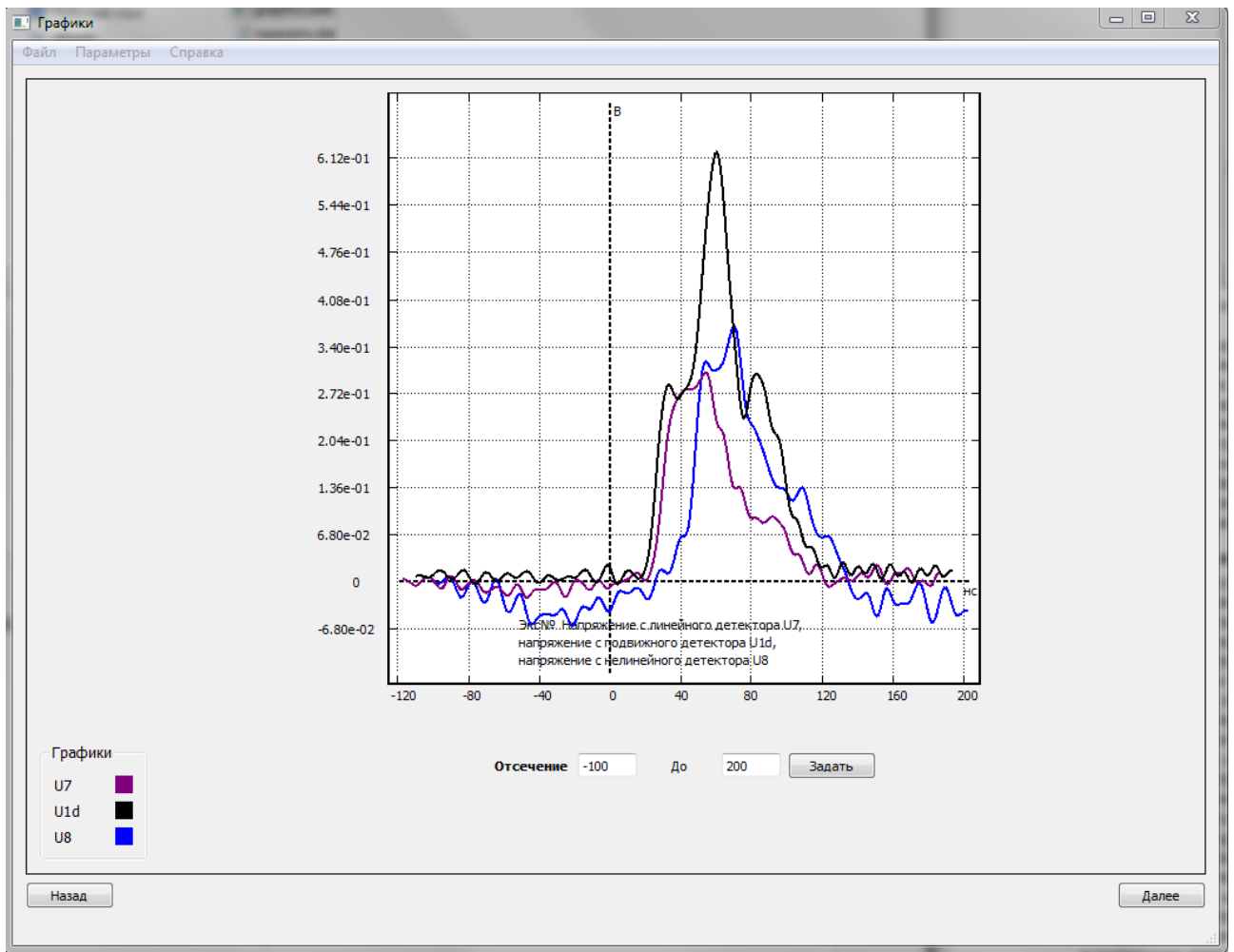


Рисунок 7. Напряжения на детекторах

Мощность импульса относится к одному из важнейших параметров СВЧ-генератора, от которого зависит в целом качество самой установки, поэтому данный параметр необходимо оценивать при эксплуатации всей системы. На рисунке 8 показана мощность импульса, которая измеряется линейным детектором.

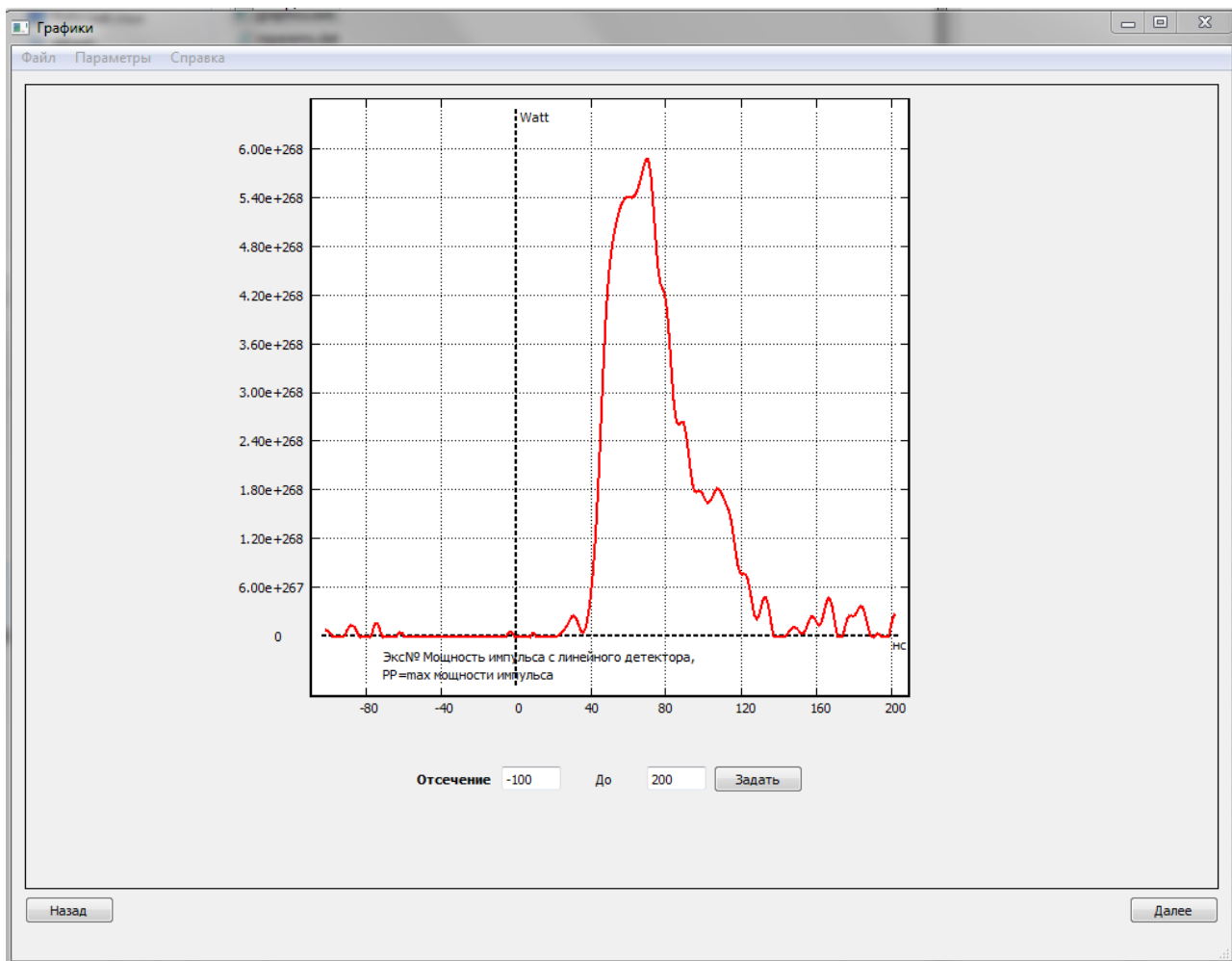


Рисунок 8. Мощность СВЧ импульса, измеряемая линейным детектором

Очень важно установить на какой частоте находится максимальная мощность СВЧ импульса. Оценка данного параметра показана на рисунке 9.

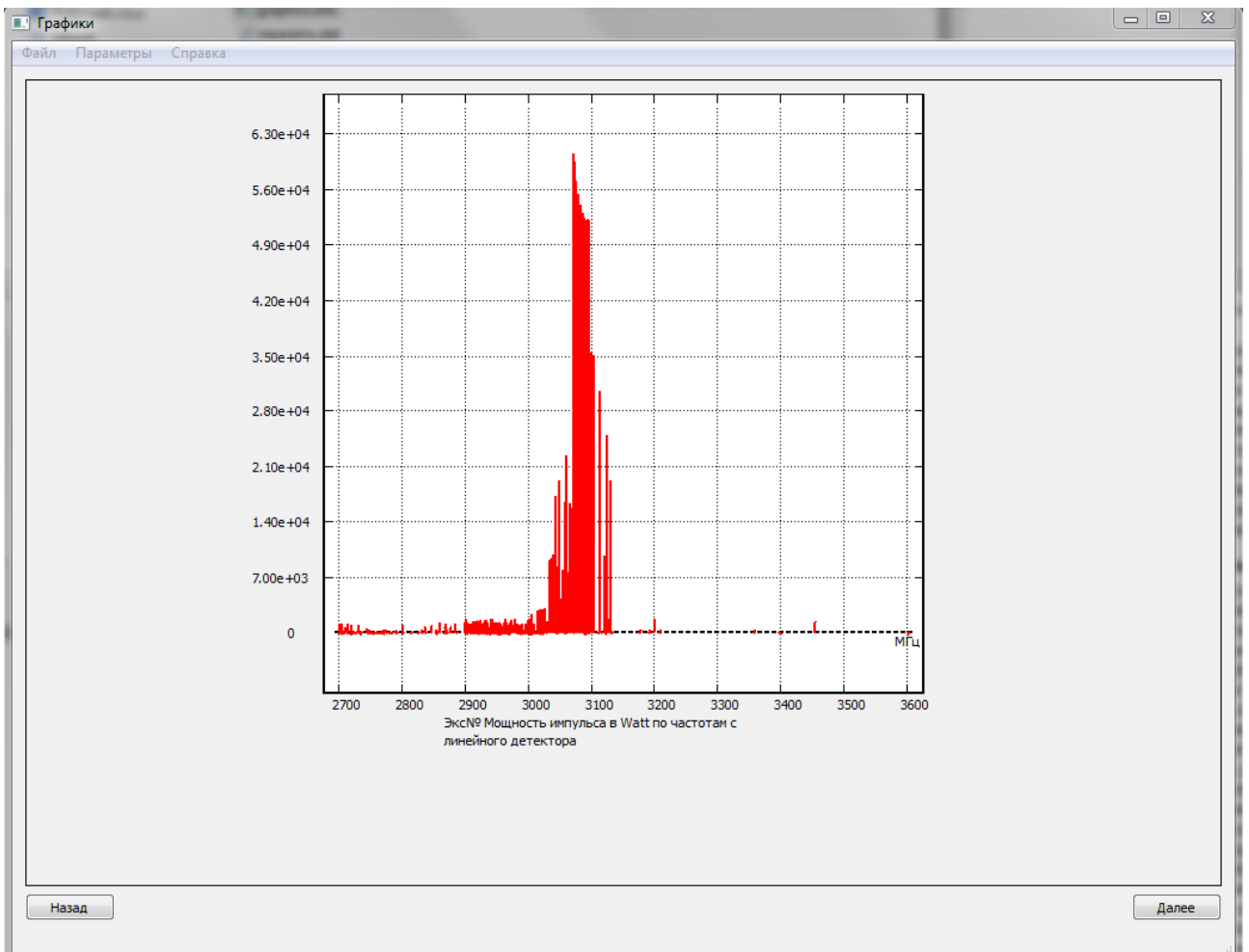


Рисунок 9. Зависимость мощности СВЧ импульса, измеряемой линейным детектором, от частоты импульса

Не менее важным параметром СВЧ импульса является его диаграмма направленности. Диаграмма направленности показывает распределение интенсивности СВЧ излучения в зависимости от направления источника излучения в заданной плоскости. Оценка диаграммы направленности представлена на рисунке 10.

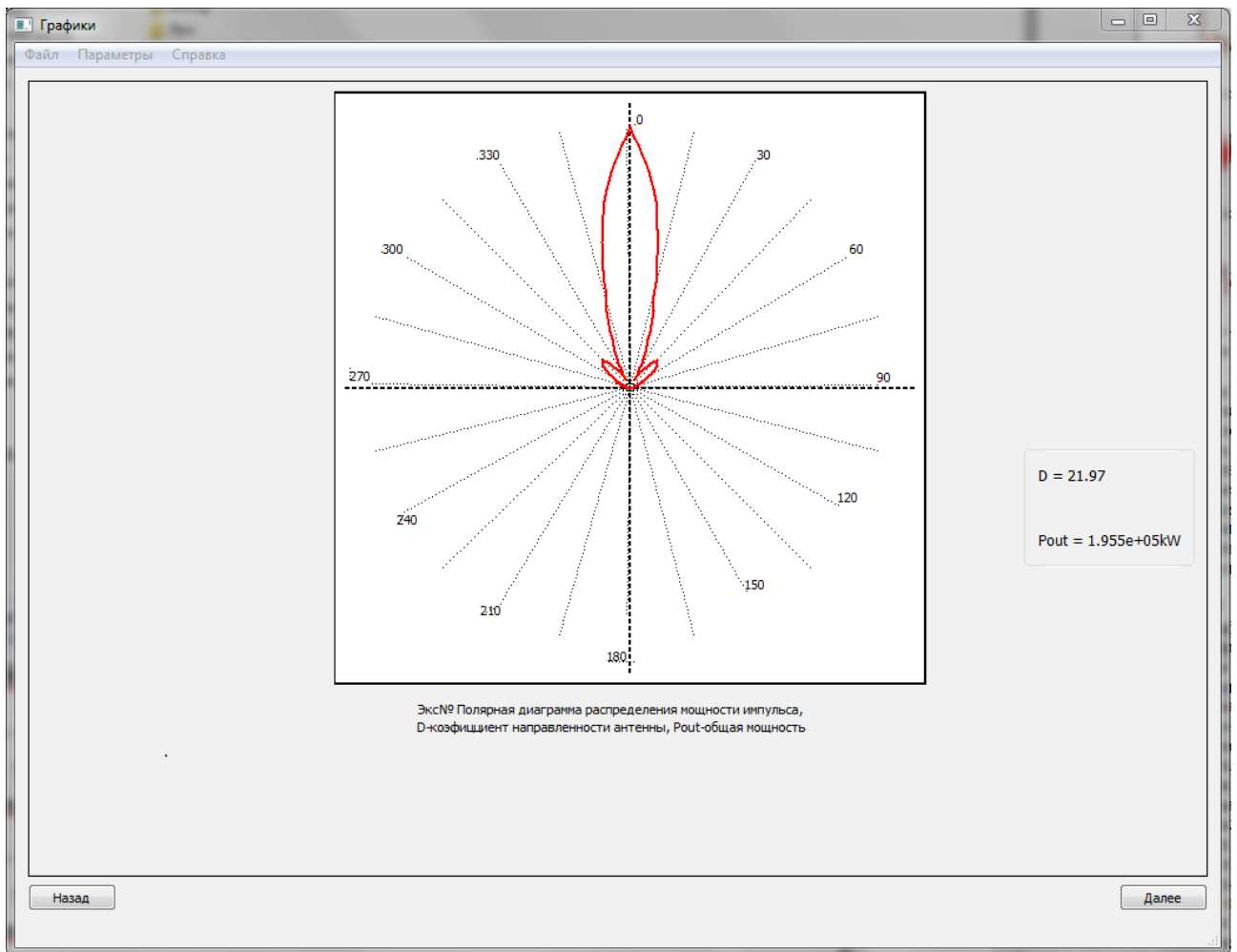


Рисунок 10. Диаграмма направленности СВЧ импульса

6.2. Сравнение с существующими программными средствами

Для сравнения результатов работы разработанного программного обеспечения и существующих программных средств в Mathcad использовались данные эксперимента №00469, были сопоставлены графики напряжения U_m на ГИН. Очевидно, что графики на рисунках 11а и 11б идентичны друг другу, однако для того, чтобы получить оценку параметра с другого канала осциллографа с помощью средств Mathcad, экспериментатору необходимо задать на осях графика новые значения на осях самостоятельно, а в разработанном программном обеспечении достаточно увеличить уже отрисованный график этого параметра (см. рис.5).

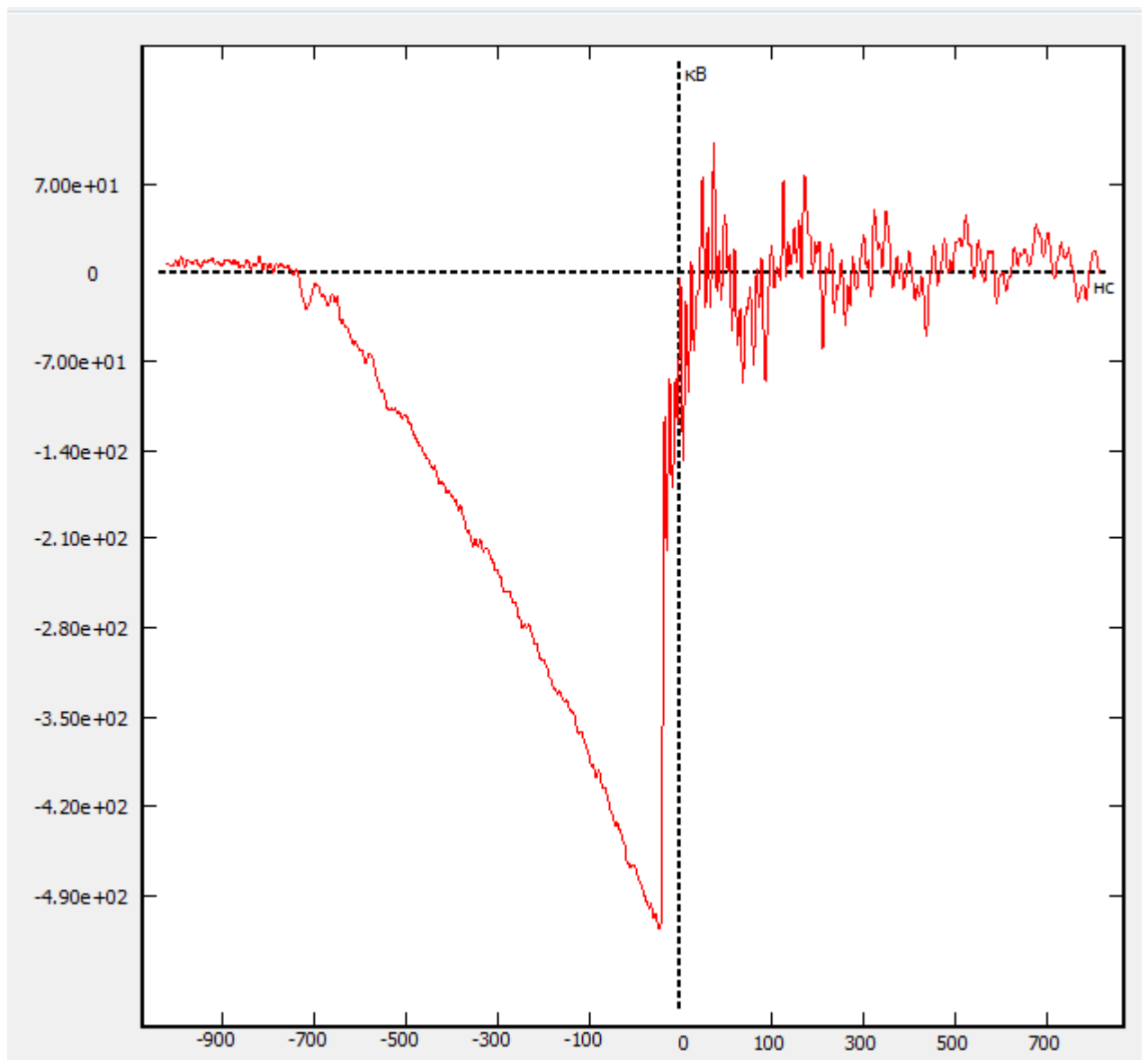


Рисунок 11а. Результат работы разработанного программного обеспечения

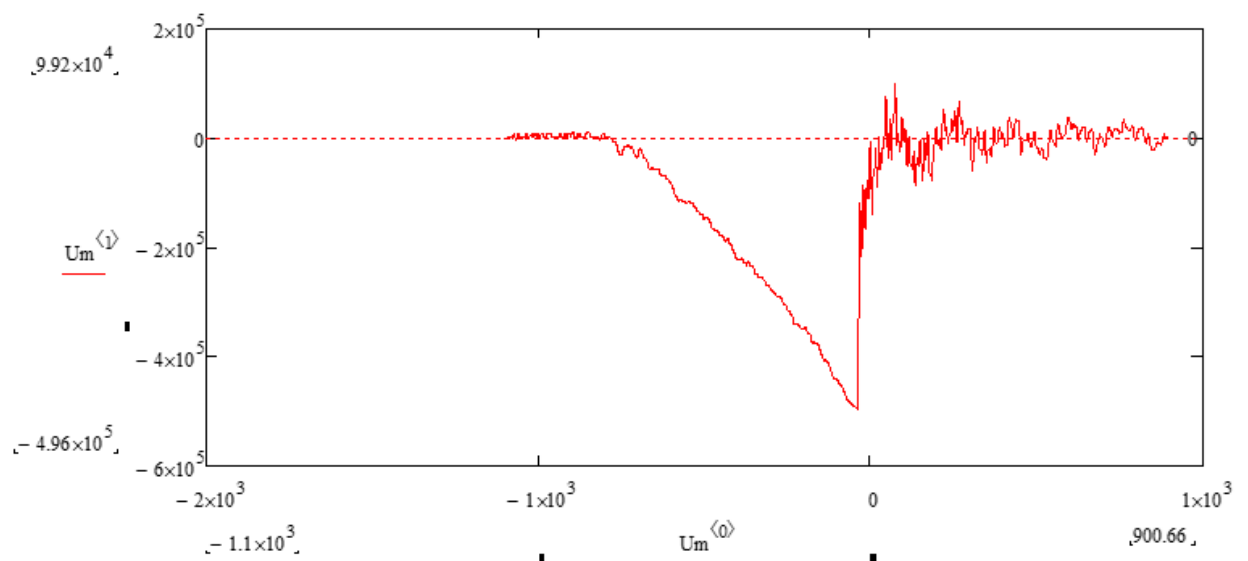


Рисунок 11б. Результат работы существующих средств оценки параметров СВЧ импульса

Также было проведено сравнение графиков зависимостей от времени напряжений U_7 , U_8 и U_{1d} на каждом из трех детекторов, полученных в каждом из средств оценки параметров СВЧ импульса. Очевидно, что графики на рисунках 12а и 12б также идентичны друг другу.

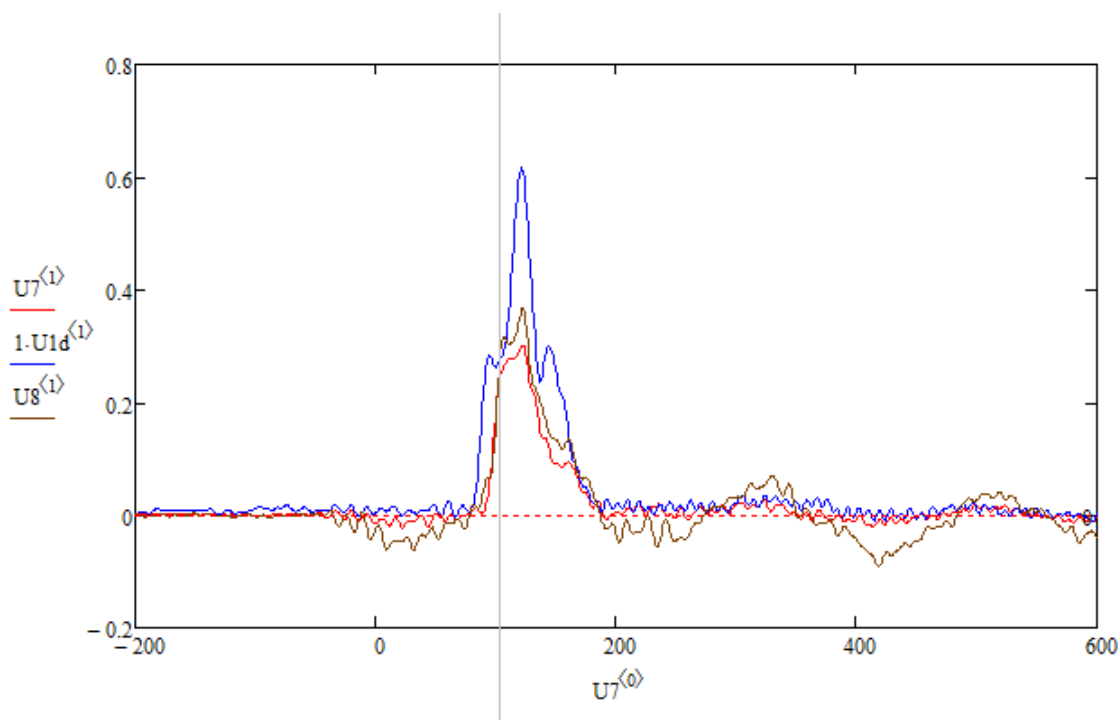


Рисунок 12а. Результат работы существующих средств оценки параметров СВЧ импульса

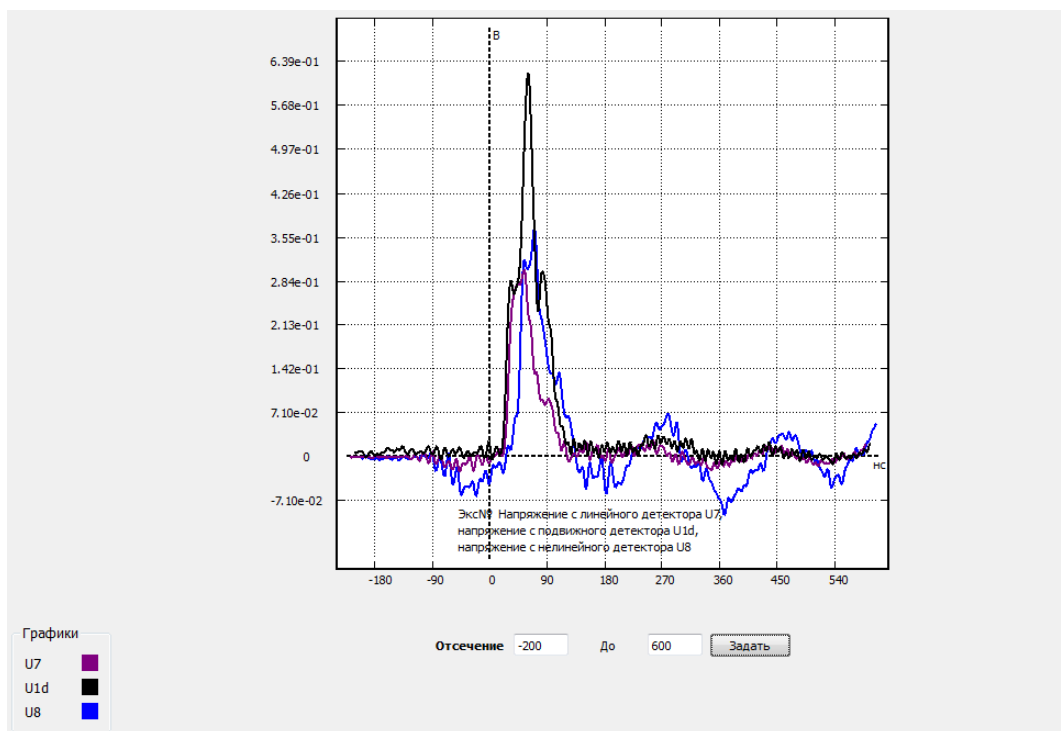


Рисунок 12б. Результат работы существующих средств оценки параметров СВЧ импульса

Также в разработанном программном обеспечении стоит отметить удобный ввод исходных параметров эксперимента с указанными обозначениями каждого из этих параметров, нетрудоемкий выбор экспериментальных данных в зависимости от указанного номера эксперимента, возможность получения значения параметров в определенный момент времени с помощью подвижных маркеров на форме приложения, возможность задания временного отсечения и увеличения графиков оцениваемых параметров. Всеми указанными преимуществами не обладают существующие программные средства, разработанные в Mathcad.

6.3. Выводы по разделу

Разработанное программное обеспечение имеет удобный интерфейс, доступный экспериментатору, содержит все необходимые исходные данные, которые легко редактируются в процессе работы с программным обеспечением. Экспериментатору теперь не потребуется редактировать непосредственно исходный код программы, достаточно указать новые исходные параметры

эксперимента, интересующий номер эксперимента и указать папки, содержащие файлы с экспериментальными данными. Все исходные данные эксперимента содержат пояснительный текст, что существенно упрощает работу с приложением. Графический интерфейс позволяет в удобной форме представлять параметры СВЧ импульса и проводить их оценку. Также стоит отметить, что в разработанном программном обеспечении появилась возможность оценить такие параметры СВЧ импульса, как:

- а. диаграмма направленности СВЧ импульса;
- б. мощность СВЧ импульса в зависимости от его частоты;
- в. частоты с минимальной разностью мощности импульса с линейного и нелинейного измерительных каналов экспериментальной установки;
- г. падение мощности СВЧ импульса, измеряемой подвижным детектором, в зависимости от направления излучения.

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Экономическая часть ВКР предназначена для комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. Целью данного раздела является планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью данной ВКР является разработка информационного программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульсов.

7.1. Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. На данном этапе определяется полный перечень работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. В качестве структуры, показывающей необходимые данные, используется линейный график работ, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

| Этапы работы | Исполнители | Загрузка исполнителе й |
|---|--------------------|-----------------------------------|
| Постановка целей и задач | НР | НР – 100% |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | НР – 100% И – 10% |
| Разработка календарного плана | НР, И | НР – 60% И – 100% |
| Изучение литературы и источников по данной теме | НР, И | НР – 40% |

| | | |
|--|-------|----------------------|
| | | И – 100% |
| Выбор подходящего метода для реализации поставленной задачи | НР, И | НР – 50% И – 100% |
| Разработка вычислительного эксперимента для оценки параметров СВЧ импульсов. | НР, И | НР – 30% И – 80% |
| Изучение необходимых языков программирования и программных пакетов | И | И – 100% |
| Реализация приложения с пользовательским интерфейсом. | И | И – 100% |
| Тестирование разработанного приложения | И | И – 100% |
| Проведение вычислительного эксперимента | И | И – 100% |
| Анализ результатов эксперимента | И | И – 100% |
| Оформление пояснительной записки | И | И - 100% |
| Подведение итогов | НР, И | НР - 40% И - 100% |

НР – научный руководитель.

И – исполнитель Соловьев Иван Николаевич.

7.2. Продолжительность этапов работ

Для определения трудоемкости выполнения работ необходимо на основе экспертной оценки ожидаемой трудоемкости выполнения каждой работы рассчитать длительность работ в рабочих и календарных днях для каждого из вариантов исполнения работ последующим формулам:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5},$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность работы, дн.;

t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Исходя из ожидаемой продолжительности работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{РД}$, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д},$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1.2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

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

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 2 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе. Для наглядного отображения графика и распределения работ между участниками проекта использована диаграмма Ганта. Диаграмма Ганта представляет собой линейный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующиеся датами начала и окончания выполнения того или иного этапа работ (таблица 3).

Таблица 2 – Трудозатраты на выполнение проекта

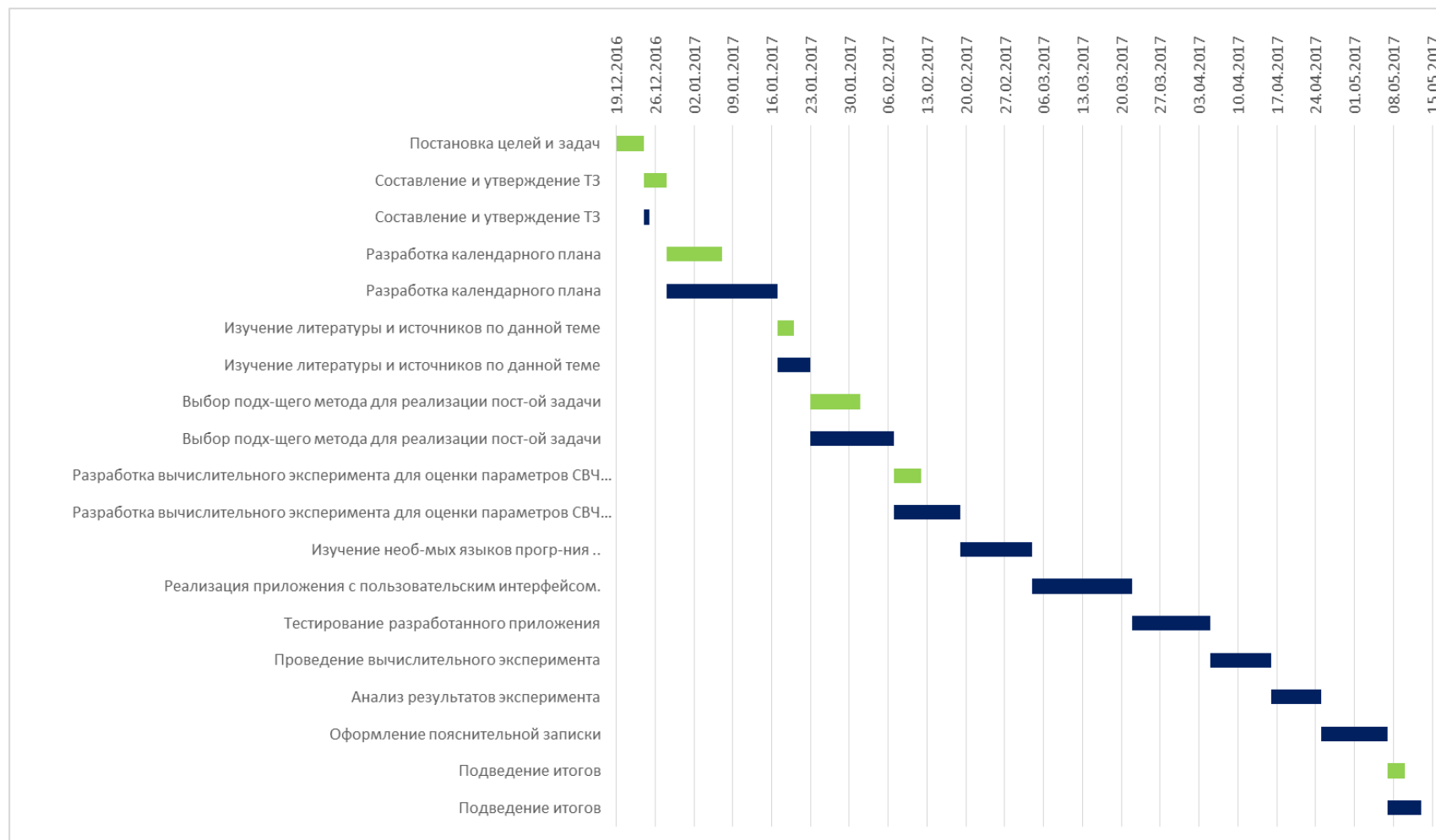
| Этап | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | | Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн. | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------|----------|---|----------|----------|----------|
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ | $T_{РД}$ | | $T_{КД}$ | |
| | | | | | НР | И | НР | И |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Постановка целей и задач | НР | 2 | 4 | 2,8 | 3,36 | – | 4,05 | – |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | 2 | 3 | 2,4 | 2,88 | 0,29 | 3,47 | 0,35 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 12 | 15 | 13,2 | 9,50 | 15,84 | 11,45 | 19,09 |

| | | | | | | | | |
|--|-------|---|----|------|------|-------|------|-------|
| Изучение литературы и источников по данной теме | НР, И | 2 | 6 | 3,6 | 1,73 | 4,32 | 2,08 | 5,21 |
| Выбор подходящего метода для реализации поставленной задачи | НР, И | 9 | 12 | 10,2 | 6,12 | 12,24 | 7,37 | 14,75 |
| Разработка вычислительного эксперимента для оценки параметров СВЧ импульсов. | НР, И | 8 | 13 | 10 | 3,60 | 9,60 | 4,34 | 11,57 |
| Изучение необходимых языков программирования и программных пакетов | И | 6 | 12 | 8,4 | – | 10,08 | – | 12,15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|----|----|------|---|-------|---|-------|
| | | | | | | | | |
| Реализация приложения с пользовательским интерфейсом. | И | 10 | 16 | 12,4 | – | 14,88 | – | 17,93 |
| Тестирование разработанного приложения | И | 6 | 15 | 9,6 | – | 11,52 | – | 13,88 |
| Проведение вычислительного эксперимента | И | 5 | 10 | 7 | – | 8,40 | – | 10,12 |
| Анализ результатов эксперимента | И | 5 | 8 | 6,2 | – | 7,44 | – | 8,97 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---|----|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| Оформление пояснительной записки | И | 7 | 10 | 8,2 | – | 9,84 | – | 11,86 |
| Подведение итогов | НР, И | 2 | 6 | 3,6 | 1,73 | 4,32 | 2,08 | 5,21 |
| Итого: | | | | 97,6 | 28,92 | 108,77 | 34,85 | 131,07 |

Таблица 3 – Линейный график работ



■ – NP, ■ – И.

7.3. Расчет накопления готовности проекта

Показатель технической готовности ВКР характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ. Данный показатель позволяет точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа.

Степень готовности определяется формулой

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}},$$

где $ТР_{общ.}$ – общая трудоемкость проекта;

$ТР_i$ ($ТР_k$) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;

$ТР_i^H$ – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

$ТР_{ij}$ ($ТР_{kj}$) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Таблица 4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

| Этап | $ТР_i$, % | $СГ_i$, % |
|---|------------|------------|
| Постановка целей и задач | 2,34 | 2,34 |
| Составление и утверждение ТЗ | 2,21 | 4,54 |
| Разработка календарного плана | 16,53 | 21,08 |
| Изучение литературы и источников по данной теме | 4,51 | 25,59 |

| | | |
|--|-------|--------|
| Выбор подходящего метода для реализации поставленной задачи | 13,62 | 39,21 |
| Разработка вычислительного эксперимента для оценки параметров СВЧ импульсов. | 9,19 | 48,40 |
| Изучение необходимых языков программирования и программных пакетов | 7,01 | 55,41 |
| Реализация приложения с пользовательским интерфейсом. | 11,39 | 66,80 |
| Тестирование разработанного приложения | 8,02 | 74,82 |
| Проведение вычислительного эксперимента | 5,85 | 80,66 |
| Анализ результатов эксперимента | 8,28 | 88,94 |
| Оформление пояснительной записки | 6,85 | 95,79 |
| Подведение итогов | 4,21 | 100,00 |

7.4. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации проекта. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;

- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

7.5. Расчет затрат на материалы

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Все расчеты сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет затрат на материалы

| Наименование материалов | Цена за ед., руб. | Кол-во | Сумма, руб. |
|--------------------------------|----------------------|--------|----------------|
| Бумага для принтера формата А4 | 300 | 1 уп. | 300 |
| Заправка картриджа принтера | 1550 | 1 шт. | 1550 |
| Итого: | | | 1850 |

ТЗР (транспортно-заготовительные расходы) составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 1850 * 1,05 = 1942,5$ руб.

7.6. Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату научного руководителя и студента, а также премии и доплаты. Расчет выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада (МО) исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/20,58$$

учитывающей, что в году 247 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 20,58 рабочих дней.

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 3. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$.

Таким образом, для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}}=1,1*1,188*1,3=1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб/мес | Среднедневная ставка, руб/раб.день | Затраты времени, раб.дни | Коэффициент | Фондз/платы, руб. |
|---------------|----------------|------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------|
| НР | 23 264,86 | 936,97 | 29 | 1,699 | 46165,45 |
| С | 14 874,45 | 722,76 | 109 | 1,62 | 127624,96 |
| Итого: | | | | | 173790,41 |

7.7. Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 173790,41 * 0,3 = 52137,12$ руб.

7.8. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

$Ц_{\text{Э}} = 5,782$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 7

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{\text{Об}}$, час | Потребляемая мощность $P_{\text{Об}}$, кВт | Затраты $\Delta_{\text{Об}}$, руб. |
|---------------------------|---|---|-------------------------------------|
| Персональный компьютер | 784,8 | 0,3 | 1361,31 |
| Струйный принтер | 8,72 | 0,1 | 5,04 |
| Итого: | | | 1366,35 |

7.9. Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} * C_{\text{Об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{Д}}},$$

где $N_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{Об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК: $N_A = 40\%$, $C_{OB} = 45000$ руб., $F_D = 2384$ часа, $t_{BT} = 784,8$ ч, $n = 1$. Для струйного принтера: $N_A = 50\%$, $C_{OB} = 16000$ руб., $F_D = 500$ часов, $t_{BT} = 8,72$ ч, $n = 1$.

Итак, затраты на амортизационные отчисления ПК составили:

$$C_{ам1} = \frac{0,4 \cdot 45000 \cdot 784,8 \cdot 1}{2384} = 5925,5.$$

Для струйного принтера:

$$C_{ам2} = \frac{0,5 \cdot 16000 \cdot 8,72 \cdot 1}{500} = 139,52.$$

В итоге амортизационные отчисления составили:

$$C_{ам} = 5925,5 + 139,52 = 6065,02.$$

7.10. Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е. $C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1$

$$C_{проч.} = (1942,5 + 173790,41 + 52137,12 + 1366,35 + 6065,02) \cdot 0,1 = 23530,14 \text{ руб.}$$

7.11. Расчет общей себестоимости разработки

Таким образом, на основании проведенных ранее подсчетов по отдельным статьям затрат вычислим общую плановую себестоимость исследования (таблица 8).

Таблица 8 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|------------------------------|----------------------|-------------|
| Материалы и покупные изделия | $C_{мат}$ | 1942,5 |

| | | |
|-------------------------------|------------|------------------|
| Основная заработная плата | $C_{зп}$ | 173790,41 |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{соц}$ | 52137,12 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{эл.}$ | 1366,35 |
| Амортизационные отчисления | $C_{ам}$ | 6065,02 |
| Прочие расходы | $C_{проч}$ | 23530,14 |
| Итого: | | 258831,54 |

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 258831,54$ руб.

7.12. Расчет прибыли

Так как исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль составит 20% от полной себестоимости проекта, или **51766,3** руб.

7.13. Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(258831,54 + 51766,3) * 0,18 = 55907,61$ руб.

7.14. Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{НИР(КР)} = 258831,54 + 51766,3 + 55907,61 = 366505,46 \text{ руб.}$$

7.15. Оценка экономической эффективности проекта

Данный проект не был ориентирован на экономический результат, главная цель проекта – разработка программного обеспечения для удобного проведения вычислительного эксперимента (оценки параметров СВЧ импульса). Цель данного проекта носит сугубо научный характер.

Оценка параметров СВЧ импульса с применением разработанного программного обеспечения более удобна по сравнению со стандартными

математическими пакетами. Разработанное программное обеспечение предлагает более удобный способ задания исходных данных эксперимента, позволяет быстрее получить результаты эксперимента, удобный пользовательский интерфейс и визуализацию.

7.16. Оценка научно-технического уровня НИР

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

где $I_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 9 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

| Признаки научно-технического эффекта НИР | Характеристика признака НИР | R_i |
|--|--|-------|
| Уровень новизны | Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований | 0,4 |
| Теоретический уровень | Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.) | 0,1 |
| Возможность реализации | Время реализации в течение первых лет | 0,5 |

Интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{\text{нты}} = 0,4*4 + 0,1*6 + 0,5*10 = 2 + 0,6 + 5 = 7,2$$

Таким образом, данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

8.1. Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

8.2. Введение

При осуществлении любой проектной и научно-исследовательской деятельности большую роль играет обеспечение безопасности охраны труда и окружающей среды.

Данный раздел является обязательной частью данной работы, представляющей анализ вредных и опасных факторов производства, а также методы их предупреждения, организации мероприятий защиты в чрезвычайных ситуациях. Научно-исследовательская работа представляет собой проектирование и разработку программно-алгоритмических средств для оценки параметров СВЧ-импульсов и предполагает большой объем работы с ПК.

Поэтому важным критерием безопасности является организация рабочего места и режима трудовой деятельности.

8.3. Производственная безопасность

В данном разделе производится анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при разработке и эксплуатации программного приложения. Также рассматриваются вредные и опасные факторы, возникающие в процессе использования разработки, а именно во время проектирования расписания движения ГПТ, выполняемого оператором ПК.

В таблице 1 приведены вредные и опасные факторы, наиболее характерные для рабочей зоны программиста – разработчика программного приложения и эксперта в области разработки расписаний движения ГПТ.

Таблица 3 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке и проектировании программного приложения и его эксплуатации (по ГОСТ 12.0.003-74)

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) | | Нормативные документы |
|--|--|---|---|
| | Вредные | Опасные | |
| Работа за персональной ЭВМ | <ul style="list-style-type: none"> • повышенный уровень электромагнитных излучений; • повышенный уровень статического электричества; | <ul style="list-style-type: none"> • опасность возникновения пожара; • опасность поражения электрическим током. | <ul style="list-style-type: none"> • СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; • ГОСТ 12.1.018-93; • ГОСТ 12.4.124-83; |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • статические физические перегрузки; • перенапряжение зрительных анализаторов; • повышенный уровень шума; • недостаточная освещенность рабочей зоны; • неблагоприятный микроклимат. | | <ul style="list-style-type: none"> • СН 2.2.4/2.1.8.562-96; • СанПиН 2.2.4.548-96; • СНиП 21-01-97; • ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. |
|--|---|--|--|

8.3.1. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Уровень электромагнитных излучений на рабочем месте оператора персональной ЭВМ является вредным фактором производственной среды, величины параметров которого определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Основными источниками электромагнитных излучений в помещениях для работы операторов персональной ЭВМ являются дисплеи компьютеров и мобильных устройств, сеть электропроводки, системный блок, устройства бесперебойного питания, блоки питания.

Санитарно-эпидемиологические нормы регламентируют допустимые нормы электромагнитного излучения, создаваемого персональными компьютерами (таблица 2).

Таблица 4 - Временные допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемого персональными ЭВМ на рабочих местах (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

| Наименование параметров | | Допустимое значение |
|--|------------------------------------|---------------------|
| Напряженность электрического поля | В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц | 25 В/м |
| | В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного потока | В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц | 250 нТл |
| | В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц | 25 нТл |
| Напряженность электростатического поля | | 15 кВ/м |

Для защиты от электромагнитного излучения должны быть использованы следующие средства (таблица 3):

Таблица 5 - Средства защиты от электромагнитных полей персональной ЭВМ (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

| № | Средство профилактики неблагоприятного влияния персональной ЭВМ | Оказываемое профилактическое действие |
|---|---|---|
| 1 | Приэкранные защитные фильтры для видеомониторов | Снижают уровень напряженности электрического и электростатического поля, повышают контрастность изображения, уменьшают блики. |
| 2 | Нейтрализаторы электрических полей промышленной частоты | Снижают уровень электрического поля промышленной частоты (50 Гц) |

8.3.2. Повышенный уровень статического электричества

Разрядные токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении к любому из элементов ЭВМ (корпус монитора, системный блок, клавиатура).

Допустимые уровни статического электричества:

- электростатический потенциал экрана монитора – 500 В;
- напряженность электростатического поля – 15 кВ/м.

В таблице 4 приведены средства защиты от статического электричества.

Таблица 6 - Средства защиты от статического электричества (по ГОСТ 12.4.124-83)

| Тип средства защиты | Виды средств защиты |
|---------------------|--|
| Коллективные | <ul style="list-style-type: none">• заземляющие устройства;• нейтрализаторы (индукционные, высоковольтные, лучевые, аэродинамические);• увлажняющие устройства (испарительные, распылительные);• антиэлектростатические вещества (вводимые в объем, наносимые на поверхность);• экранирующие устройства (козырьки, перегородки). |
| Индивидуальные | <ul style="list-style-type: none">• специальная одежда антиэлектростатическая;• специальная обувь антиэлектростатическая; |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • предохранительные приспособления антиэлектростатические; • средства защиты рук антиэлектростатические. |
|--|---|

8.3.3. Статические физические перегрузки

Характерной при работе с ЭВМ является такая физическая перегрузка, как длительное статическое напряжение мышц. Оно обусловлено вынужденным продолжительным сидением в одной и той же позе, часто неудобной, необходимостью постоянного наблюдения за экраном (напрягаются мышцы шеи, ухудшается мозговое кровообращение), набором большого количества знаков за рабочую смену (статическое перенапряжение мышц плечевого пояса и рук). При этом возникает также локальная динамическая перегрузка пальцев и кистей рук. Статическим перенапряжениям мышц способствуют неудовлетворительные эргономические параметры рабочего места и его компонентов (отсутствие подлокотников, пюпитра, подставки для ног), отсутствие возможности регулировки параметров рабочего стула, высоты рабочей поверхности стола, неудобное расположение клавиатуры и дисплея.

В данном случае следует указать допустимые параметры рабочей зоны пользователя персональной ЭВМ (таблица 5).

Таблица 7 - Требования к организации и оборудованию рабочих мест с персональной ЭВМ (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

| Объект | Характеристика | Численное значение |
|--------------|--|--------------------|
| Рабочий стол | Высота (при наличии возможности регулирования) | 680-800мм |

| | | |
|--------------|--|--|
| | Высота (при отсутствии возможности регулирования) | 780 мм |
| | Размер рабочей поверхности – ширина (при высоте 780 мм) | 800, 1000, 1200, 1400 мм |
| | Размер рабочей поверхности – глубина (при высоте 780 мм) | 800, 1000 мм |
| | Пространство для ног: <ul style="list-style-type: none"> • высота • ширина • глубина на уровне колен • глубина на уровне вытянутых ног | <ul style="list-style-type: none"> • не менее 600 мм • не менее 500 мм • не менее 450 мм • не менее 650 мм |
| Рабочий стул | Ширина и глубина поверхности сиденья | не менее 400 мм |
| | Регулировка высоты сиденья | 400-550 мм |
| | Регулировка угла наклона сиденья | вперед до 15° и назад до 5° |
| | Высота опорной поверхности спинки | 300 ± 20 мм |
| | Ширина опорной поверхности спинки | не менее 380 мм |

| | | |
|--------------------|--|--|
| | Радиус кривизны горизонтальной плоскости | 400 мм |
| | Угол наклона спинки в вертикальной плоскости | $\pm 30^\circ$ |
| | Регулировка расстояния спинки от переднего края сиденья | 260-400 мм |
| | Стационарные или съемные подлокотники: <ul style="list-style-type: none"> • длина • ширина | <ul style="list-style-type: none"> • менее 250 мм • 50-70 мм |
| | Регулировка подлокотников по высоте над сиденьем | 230 ± 30 мм |
| | Регулировка внутреннего расстояния между подлокотниками | 350-500 мм |
| Подставка под ноги | Ширина | не менее 300 мм |
| | Глубина | не менее 400 мм |
| | Регулировка по высоте | до 150 мм |
| | Угол наклона упорной поверхности | до 20° |
| | Высота бортика по переднему краю | 10 мм |

Сиденье стула должно иметь закругленный передний край; клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

В качестве средства профилактики заболеваний, связанных с сидячим образом жизни, предлагается использовать физкультминутки (ФМ). ФМ способствует снятию локального утомления. По содержанию ФМ различны и предназначаются для конкретного воздействия на ту или иную группу мышц или систему организма в зависимости от самочувствия и ощущения усталости.

8.3.4. Перенапряжение зрительных анализаторов

Отмечается специфическое зрительное утомление у пользователей дисплеев. Одной из причин служит то, что сформировавшаяся за миллионы лет эволюции зрительная система человека приспособлена для восприятия объектов в отраженном свете (печатные тексты, рисунки и т.п.), а не для работы за дисплеем. Изображение на дисплее принципиально отличается от привычных глазу объектов наблюдения — оно светится, мерцает, состоит из дискретных точек, а цветное компьютерное изображение не соответствует естественным цветам. Большую нагрузку орган зрения испытывает при вводе информации, так как пользователь вынужден часто переводить взгляд с экрана на текст и клавиатуру, находящиеся на разном расстоянии и по-разному освещенные. Зрительное утомление проявляется жалобами на затуманивание зрения, трудности при переносе взгляда с ближних предметов на дальние и с дальних на ближние, кажущиеся изменения окраски предметов, их двоение, чувство жжения, «песка» в глазах, покраснение век, боли при движении глаз.

Для минимизации влияния фактора на организм человека, следует соблюдать порядок перерывов. В таблице 6 приведено суммарное время регламентированных перерывов для выбранного вида и категории трудовой

деятельности. Трудовая деятельность разработчика программного обеспечения относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с персональной ЭВМ. Данный вид трудовой деятельности занимает 6 ч рабочего времени, что относит её к третьей (III) категории тяжести и напряженности работы.

Таблица 8 - Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с персональной ЭВМ (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

| Суммарное время регламентированных перерывов, мин |
|--|
| При 8-часовой рабочей смене |
| 90 |

Так же существуют комплексы упражнений для глаз. Упражнения выполняются сидя или стоя, отвернувшись от экрана при ритмичном дыхании, с максимальной амплитудой движения глаз.

8.3.5. Повышенный уровень шума

Источниками шума являются (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03):

- машины вычислительные электронные цифровые;
- машины вычислительные электронные цифровые персональные (включая портативные ЭВМ);
- устройства периферийные: принтеры, сканеры, модемы, сетевые устройства, блоки бесперебойного питания и т.д..

Повышенный уровень шума имеет следующие последствия:

- нарушение слуха. Исключительно высокий уровень шума (более 120 дБ) может привести к акустической травме. При значительно большей интенсивности звука можно потерять слух. Более частое последствие работы при повышенном уровне шума – постепенное и малозаметное снижение слуха;

- сердечно-сосудистые заболевания. Шум негативно влияет на сердечно-сосудистую систему, что приводит к развитию гипертонии и гипотонии, скачкам артериального давления. Сосудистые нарушения совместно с отрицательным влиянием шума на мозг могут вызвать сильные головные боли, сосудистые спазмы.
- гормональные расстройства. Высокий уровень шума может нарушать работу мозга и нервной системы, что приводит к появлению сахарного диабета, болезни щитовидной железы и репродуктивной системы.
- влияние на психику. Приводит к снижению концентрации, невозможности сосредоточиться, ухудшению памяти, депрессии и др.
- низкий тонус и иммунитет.

Далее приводятся предельно допустимые уровни звукового давления с учетом типа вида трудовой деятельности и рабочих мест (таблица 7).

Таблица 9 - Предельно допустимые уровни звукового давления для видов деятельности и рабочих мест разработчика программного приложения и эксперта-пользователя программного приложения (по СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

| Вид трудовой деятельности, рабочее место | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Программирование. Рабочее место в помещениях для | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 30 |

| | | | | | | | | | |
|---|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| программистов вычислительных машин. | | | | | | | | | |
| Высококвалифицированная деятельность. Рабочее место в комнатах конторских помещений. | 93 | 7 9 | 70 | 68 | 58 | 55 | 52 | 52 | 49 |

Существуют разные аппаратные решения для создания "тихий" ЭВМ. Их можно применять как по отдельности, так и в комплексе:

- звукоизолирующая прокладка. Прокладка из звукопоглощающей пены, устанавливаемая внутри корпуса, заглушает практически все звуки, создаваемые компонентами ПК. Однако вместе со звуком затрудняется и отвод наружу тепла;
- оболочка для жесткого диска;
- звукопоглощающий корпус;
- вентиляторы охлаждения корпуса. Вентиляторы охлаждения корпуса, имеющие специальную конструкцию и термостатический контроль, с одной стороны, подают достаточно воздуха для охлаждения системы, а с другой - создают минимум шума;
- вентиляторы охлаждения блока питания.

8.3.6. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Свет воздействует на нервную опико-вегетативную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и

развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 содержатся следующие требования к освещенности рабочего места:

- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк;
- освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;
- яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м²;
- яркость бликов на экране персональной ЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м²;
- яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40°.

Так же СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 содержит рекомендации по организации освещения на рабочем месте:

- рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, а естественный свет падал преимущественно слева;
- искусственное освещение в помещениях для эксплуатации персональной ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения;

- следует ограничивать отраженную блёскость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения;
- светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40° ;
- в качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ);
- общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При расположении компьютеров по периметру линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

8.3.7. Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте оператора персональной ЭВМ

Длина помещения составляет 8 метров, ширина – 7 м, высота – 3 м. Высота рабочей поверхности $h_{рп} = 0,8$ м.

В помещении установлены светильники типа ARS/R 418 ($\Phi_{ст} = 1200$ лм), укомплектованные четырьмя люминесцентными лампами мощностью 20 Вт. Геометрические размеры светильников 595x595x36 мм, $\lambda = 1,4$.

Светильники размещены, как представлено на рисунке 1.

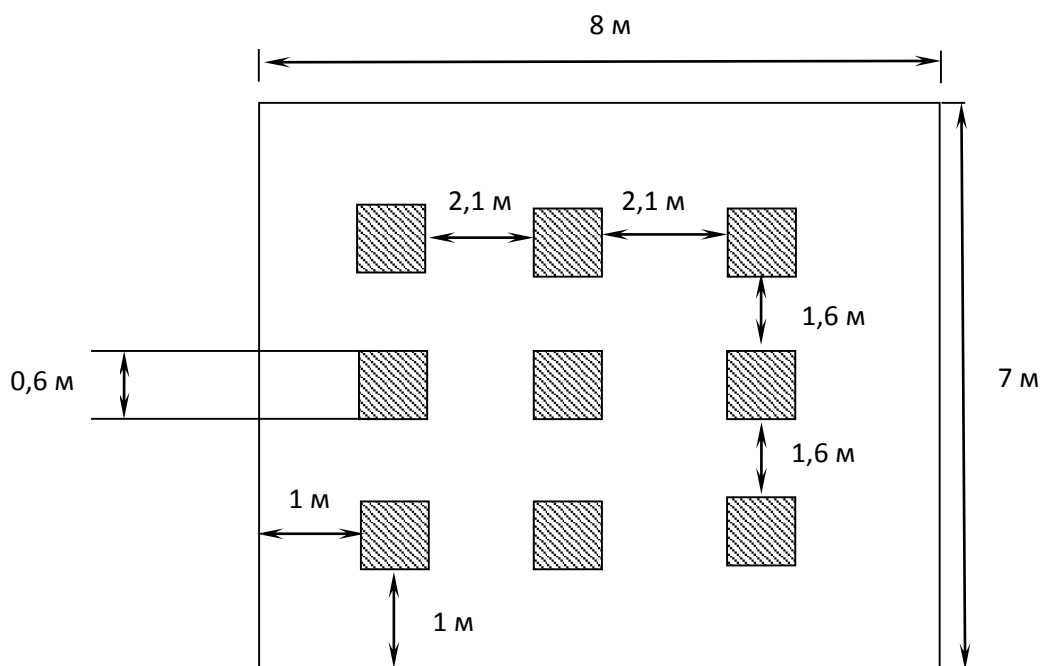


Рисунок 1 – Схема освещения

Учитывая, что в каждом светильнике установлено по 4 лампы, количество ламп составит $N = 36$. Определим электрическую мощность установки

$$P = 36 \cdot 20 \text{ Вт} = 720 \text{ Вт}$$

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Коэффициент Z (отношение средней освещенности к минимальной) примем равным $Z = 1.1$. Коэффициент запаса определяется по таблице в зависимости от запылённости помещения, в нашем случае $K = 1.5$ (коэффициент запаса). Коэффициент использования, выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы. Он зависит от характеристик светильника,

размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (P_C) и потолка (P_{II}), значение коэффициентов P_C и P_{II} определим по таблице из СНиП 23-05-95, $P_C = 70\%$, $P_{II} = 50\%$.

Значение η определим по таблице коэффициентов использования различных светильников из СНиП 23-05-95. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \times (a+b)}, \quad (1.1)$$

Площадь помещения составляет 56 м^2 .

$$I = \frac{56}{3 \times (7 + 8)} = 1,24$$

Зная индекс помещения I , P_C и P_{II} , определим коэффициент использования светового потока из таблицы взятой из СНиП 23-05-95, $\eta = 0,53$. Стандартный световой поток возьмём из таблицы, зная мощность и тип люминесцентной лампы, и примем его равным $\Phi_{ст} = 1060$. Теперь можно рассчитать фактическую минимальную освещённость E_{ϕ} .

$$E_{\phi} = (N * n * \Phi_{ст} * \eta) / (S * k * z) \quad (1.2)$$

$$E_{\phi} = (9 * 4 * 1060 * 0,5) / (56 * 1,5 * 1,1) = 207 \text{ лк}$$

$$\Delta E = ((E_{\phi} - E_{н}) / E_{н}) * 100\% \quad (1.3)$$

$$\Delta E = ((207 - 400) / 400) * 100\% = -48,25\%$$

По нормам, установленным СНиП 23-05-95, минимальная освещённость рабочих поверхностей в офисных помещениях для работы с дисплеями и видеотерминалами при общем освещении должна быть равна 300-500 лк. Рассчитанное значение оказалось меньше необходимого. Для соблюдения норм установленных СНиП 23-05-95, необходимо установить дополнительное освещение на рабочих столах, либо установить лампы большей мощности и светоотдачи.

8.3.8. Неблагоприятный микроклимат

Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти.

Тепловое состояние человека, следовательно, его работоспособность зависит от воздействия ряда параметров микроклимата.

К ним относятся:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Далее приводятся значения оптимальных параметров микроклимата для категорий работ Ia (таблица 8).

Таблица 10 - Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах разработчика программного приложения и эксперта-пользователя программного приложения (по СанПиН 2.2.4.548-96)

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхности, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|--------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Холодный | Ia | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |
| Теплый | Ia | 23-25 | 22-26 | 60-40 | 0,1 |

Для обеспечения оптимального микроклимата на рабочем месте следует провести следующий комплекс мероприятий:

- оборудование помещения системами обогрева (радиаторы и конвекторы, системы с тепловентиляторами, воздушное отопление, системы лучистого обогрева, системы кабельного обогрева);
- установка и ремонт систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- использование увлажнителей воздуха;
- рациональное размещение оборудования;
- использование тепловой изоляции оборудования различными видами теплоизоляционных материалов;
- использование теплозащитных экранов.

8.3.9. Опасность возникновения пожара

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями. Регулирование пожаробезопасности производится СНиП 21-01-97.

В помещениях с персональной ЭВМ повышен риск возникновения пожара из-за присутствия множества факторов: наличие большого количества электронных схем, устройств электропитания, устройств кондиционирования воздуха; возможные неисправности электрооборудования, освещения, или неправильная их эксплуатация может послужить причиной пожара.

Возможные виды источников воспламенения:

- искра при разряде статического электричества;
- искры от электрооборудования;
- искры от удара и трения;
- открытое пламя.

Для профилактики пожара должен проводиться следующий комплекс организационных мер: должны обеспечиваться регулярные проверки пожарной

сигнализации, первичных средств пожаротушения; должен проводиться инструктаж и тренировки по действиям в случае пожара; не должны загромождаться или блокироваться пожарные выходы; должны выполняться правила техники безопасности и технической эксплуатации электроустановок; во всех служебных помещениях должны быть установлены «Планы эвакуации людей при пожаре и других ЧС», регламентирующие действия персонала при возникновении пожара.

Для предотвращения пожара помещение с персональной ЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ-2 или ОУ-5; пожарной сигнализацией, а также, в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения.

8.3.10. Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку оператор персональной ЭВМ имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться много внимания. Нормы электробезопасности на рабочем месте регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, вопросы требований к защите от поражения электрическим током освещены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

Помещение, где расположено рабочее место оператора персональной ЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Для оператора персональной ЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование;

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

8.4. Экологическая безопасность

Разработка программного обеспечения и работа за персональной ЭВМ не являются экологически опасными работами, потому объект, на котором производилась разработка продукта, а также объекты, на которых будет производиться его использование операторами персональной ЭВМ относятся к предприятиям пятого класса, размер санитарной зоны для которых равен 50 м.

Непосредственно программный продукт, разработанный в ходе выполнения магистерской диссертации, не наносит вреда окружающей среде ни на стадиях его разработки, ни на стадиях эксплуатации. Однако, средства, необходимые для его разработки и эксплуатации могут наносить вред окружающей среде.

Современные персональные ЭВМ производят практически без использования вредных веществ, опасных для человека и окружающей среды. Исключением являются аккумуляторные батареи компьютеров и мобильных устройств. В аккумуляторах содержатся тяжелые металлы, кислоты и щелочи, которые могут наносить ущерб окружающей среде, попадая в гидросферу и литосферу, если они были неправильно утилизированы. Для утилизации аккумуляторов необходимо обращаться в специальные организации, специализировано занимающиеся приемом, утилизацией и переработкой аккумуляторных батарей.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в специальных пунктах приема. Юридические лица обязаны сдавать лампы на переработку и вести паспорт для данного вида отходов.

8.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В рабочей среде оператора персональной ЭВМ возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера:

- пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях;
- внезапное обрушение зданий.

Среди возможных стихийных бедствий можно выделить геофизические (землетрясения), метеорологические (ураганы, ливни, заморозки), гидрологические (наводнения, паводки, подтопления), природные пожары.

К чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера можно отнести эпидемии, эпизоотии, эпифитотии.

Экологические чрезвычайные ситуации могут быть вызваны изменениями состояния, литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы в результате деятельности человека.

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные персональными ЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Помещение для работы операторов персональных ЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д, т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии.

Каждый сотрудник организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией. Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях по окончании рабочего времени должны быть обесточены (вилки должны быть вынуты из розеток). Под напряжением должны оставаться дежурное освещение и пожарная сигнализация. Недопустимо хранение легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, использование открытого огня в помещениях офиса.

Перед уходом из служебного помещения работник обязан провести его осмотр, закрыть окна, и убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение. С периодичностью не реже одного раза в три года необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования.

Повышение устойчивости достигается за счет проведения соответствующих организационно-технических мероприятий, подготовки персонала к работе в ЧС.

Работник при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) должен:

- Немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- Отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование;
- Приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- Сообщить непосредственному или вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников;
- При общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС».

Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях офиса, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Они предназначены для тушения начальных возгораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Огнетушители

должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к действию. Категорически запрещается тушить возгорания в помещениях офиса при помощи химических пенных огнетушителей (типа ОХП-10).

Пожарная безопасность в ТПУ обеспечивается в соответствии с требованиями ФЗ пожарной безопасности № 69-ФЗ от 21.12.1994 г., правилами противопожарного режима в РФ.

Рабочее место располагается в главном корпусе ТПУ 203 аудитория. На рисунке 2 представлен план эвакуации второго этажа главного корпуса, а также условные обозначения, используемые в схеме эвакуации.

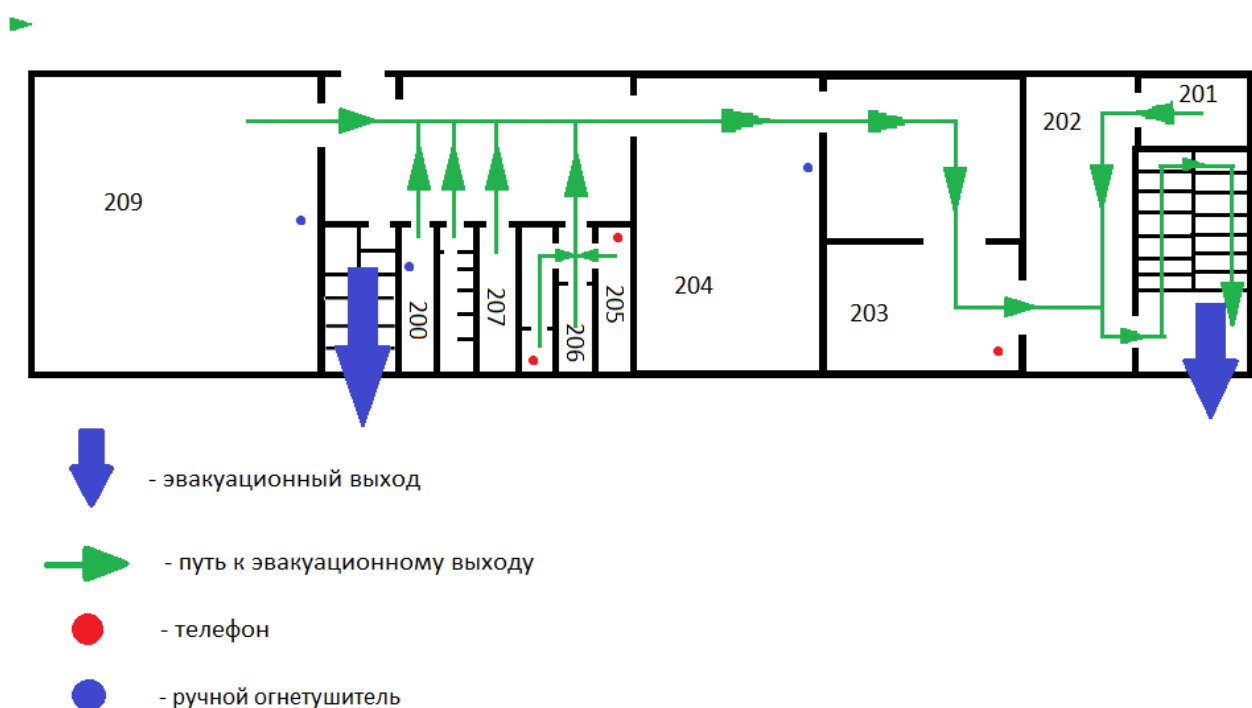


Рисунок 2. План эвакуации

8.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.6.1. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны

Организация работы с персональной ЭВМ должна осуществляться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей персональной ЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием персональной ЭВМ и без него. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения утомления целесообразно выполнять комплексы упражнений.

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека, работающего с персональной ЭВМ. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Рабочие места с персональной ЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на персональной ЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с персональной ЭВМ. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был проведен обзор и анализ литературы на заявленную тему, определены объект и предмет, цели и задачи исследования, актуальность данной работы. В результате исследования недостатков существующего решения, предлагающего оценку параметров СВЧ импульсов на основе экспериментальных данных, было предложено программное обеспечение собственной разработки, устраняющее выявленные недостатки и предоставляющее дополнительный функционал при оценке параметров СВЧ импульса.

Получены навыки проектирования интерфейса и разработки программного обеспечения на языке общего назначения C++ с использованием библиотеки Qt 4.5 в среде разработки Qt Creator.

Практическим результатом проделанной работы является создание программного обеспечения для оценки параметров СВЧ импульса, использующее опыт предыдущих знаний и разработок в этой области и имеющее расширенный функционал, позволяющий экспериментатору получить оценки дополнительных параметров СВЧ импульса. Созданное программное обеспечение было протестировано на данных нескольких экспериментов, протестированы сценарии некорректного ввода данных пользователем и вывод программой в таких случаях предупреждающих сообщений. Результаты проведенного тестирования показали, что приложение работает корректно и соответствует установленным в ходе разработки требованиям.

Проведено сравнение результатов работы и функционала существующих программных средств оценки параметров СВЧ импульсов и разработанного программного обеспечения. В результате сравнения был сделан вывод о том, что разработанное программное обеспечение имеет ряд преимуществ перед существующим инструментарием:

- а. удобный и наглядный интерфейс пользователя, не требующий изменения исходного кода программы для корректировки исходных параметров эксперимента;
- б. удобная форма представления параметров СВЧ импульса с помощью задания временных отсечений на графиках, увеличения графиков, возможность получения количественных оценок параметров в указанный момент времени;
- в. расширенный набор оценок параметров СВЧ импульса.

10. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабичев Д.А., Шиян В.П., Мельников Г.В. Измеритель частотного состава мощных СВЧ импульсов наносекундной длительности // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – № 3. – С. 93–96.
2. Зеленцов В.И., Мельников Г.В., Юшков Ю.Г. А. 814053 СССР //БИ. – 1982. – №6. – С. 287.
3. Shiyon V.P. // Proc/ 12th Symp/ on High Current Electronics. Tomsk, Russia. – 2000. – V. 1. – P. 412.
4. Брайан У., Керниган, Деннис М. Ритчи. Язык программирования С. // Изд.: Вильямс. – 2013. – 304 с.
5. Леонид Черняк. Смутное время СУБД // Открытые системы. – 2012.
6. Qt – Википедия. #. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Qt>
7. IBM Developer Networks. #. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-qt_1/
8. Особенности Qt: слоты и сигналы, описание QObject и QApplication, виды окон и т.д. #. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cppstudio.com/post/11167/>
9. Qt. Механизм сигналов и слотов. <http://orobinskysergeyqt2.blogspot.ru/>
10. Microsoft Developer Network. Практическое руководство. Создание приложений Windows Forms на C#. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/360kwx3z.aspx>
11. Ватсон К. Введение в C#. // Изд.: ЛОРИ. – 2004. – 879 с.
12. Qt Creator. #. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Qt_Creator
13. Косицын В.С., Гальченко В.Г., Гладкова Т.А. Программно-информационное обеспечение оценки параметров мощных СВЧ

импульсов // Известия Томского политехнического университета. – 2013.
– т. 322. – № 5. – С. 205-208

11. ПРИЛОЖЕНИЯ

11.1. Приложение А. Листинг программы в MathCad

$D1_{fix} := 205$ $D2_{fix} := 205$ $D3_{fix} := 440$ $Div_m := 8.8 \times 10^3$ $R_{Coil} := 1.92 \times 10^2$
 $DB5_{fix} := 50$ $DA6_{fix} := 50$ $Div_n := 2.05 \times 10^3$ $r_{sh} := 0.03$

$K_{Um} := DB5_{fix} \cdot Div_m$ $K_{Un} := D1_{fix} \cdot Div_n$
 $K_{Ish} := \frac{D3_{fix}}{r_{sh}}$ $K_{Irc} := DA6_{fix} \cdot R_{Coil} \cdot 2$
 $K_{Um} = 4.4 \times 10^5$ $K_{Un} = 4.202 \times 10^5$
 $K_{Irc} = 1.92 \times 10^4$
 $k := 10^{-9}$

**See 2 LeCroy (WaveSurfer)
for 8 channels (plus)
flat-coaxial triod**

$P_A := "i:L_a55\"$ $P_B := "i:L_b55\"$
 $Um := READPRN(concat(P_A, "C1.00498.dat"))$ $Ikp := READPRN(concat(P_B, "C1.", shot))$
 $Un := READPRN(concat(P_A, "C2.", shot))$ $U7 := READPRN(concat(P_B, "C2.", shot))$
 $Is := READPRN(concat(P_A, "C3.", shot))$ $U8 := READPRN(concat(P_B, "C3.", shot))$
 $Irc := READPRN(concat(P_A, "C4.", shot))$ $U1d := READPRN(concat(P_B, "C4.", shot))$

$Um := Zero(Um)$ $Is := Zero(Is)$ $Ikp := Zero(Ikp)$ $U8 := Zero(U8)$
 $Un := Zero(Un)$ $Irc := Zero(Irc)$ $U7 := Zero(U7)$ $U1d := Zero(U1d)$

$Um^{(0)} := \frac{Um^{(0)}}{k}$ $Un^{(0)} := \frac{Un^{(0)}}{k}$ $Irc^{(0)} := \frac{Irc^{(0)}}{k}$ $Is^{(0)} := \frac{Is^{(0)}}{k}$ $Ikp^{(0)} := \frac{Ikp^{(0)}}{k}$ $U7^{(0)} := \frac{U7^{(0)}}{k}$ $U8^{(0)} := \frac{U8^{(0)}}{k}$ $U1d^{(0)} := \frac{U1d^{(0)}}{k}$ $t := Un^{(0)}$

$U2m := \max[-Um^{(1)}]$ $U2n := \max(Un^{(1)})$ $I2r := \max(Irc^{(1)})$ $I2s := \max(Is^{(1)})$ $I2kp := \max(Ikp^{(1)})$

$Um^{(1)} := Um^{(0)} \cdot K_{Um}$ $Un^{(1)} := Un^{(0)} \cdot K_{Un}$ $Is^{(1)} := Is^{(0)} \cdot K_{Ish}$ $Irc^{(1)} := Irc^{(0)} \cdot K_{Irc}$ $Ikp^{(1)} := Ikp^{(0)} \cdot K_{Irc}$

$U7^{(1)} := -U7^{(1)}$

$U1m := \max[-Um^{(1)}] \cdot V$ $U1n := \max(Un^{(1)}) \cdot V$ $I1r := \max(Irc^{(1)}) \cdot A$ $I1s := \max(Is^{(1)}) \cdot A$ $I1kp := \max(Ikp^{(1)}) \cdot A$ $U1d^{(1)} := -U1d^{(1)}$ $U8^{(1)} := -U8^{(1)}$

$U1m = 514.61\text{-kV}$ $U1n = 440.64\text{-kV}$ $I1s = 0.32\text{-kA}$ $I1r = 42.223\text{-kA}$ $I1kp = 41.49\text{-kA}$

Apparition delay from DH_{ns}

Единицы (см, нсек)

$$v := 30$$

$$v_{voda} := \frac{30}{\sqrt{81}}$$

$$v_{plex} := \frac{30}{\sqrt{2.5}}$$

$$v_{wg} := \frac{30}{\sqrt{1}} \cdot \sqrt{1 - \frac{9.375^2}{14.4^2 \cdot \sqrt{1}}}$$

10.345

$$\frac{30}{3.2} = 9.375$$

$$v_{wg} = 22.771$$

$$del_{voda} := \frac{6}{v_{voda}}$$

$$del_{plex} := \frac{13}{v_{plex}}$$

$$del_{RC} := \frac{25}{v}$$

$$del_{Sh} := \frac{56}{v}$$

$$del_{Win} := \frac{120}{v}$$

$$del_{Det} := \frac{250}{v} + \frac{250}{v_{wg}}$$

$$del_{voda} = 1.8$$

$$del_{plex} = 0.685$$

$$del_{RC} = 0.833$$

$$del_{Sh} = 1.867$$

$$del_{Win} = 4$$

$$del_{Det} = 19.312$$

$$dl_{RC} := del_{voda} + del_{plex} + del_{RC}$$

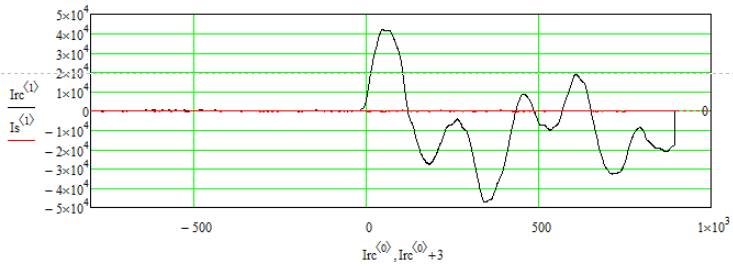
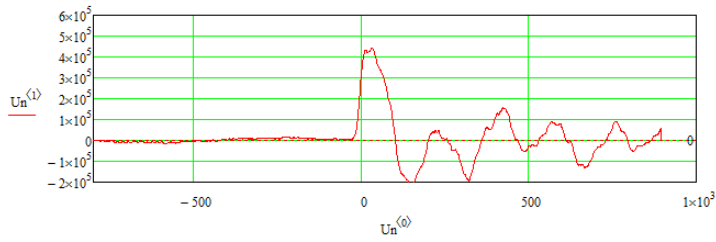
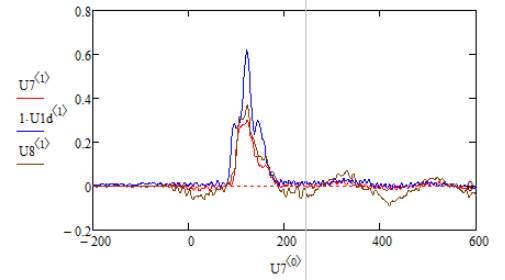
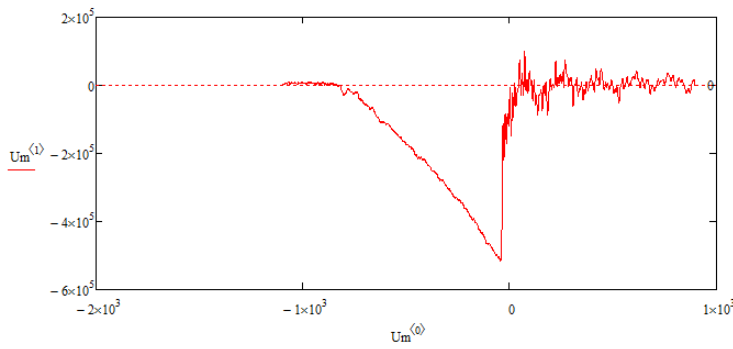
$$dl_{RC} = 3.318$$

$$dl_{Sh} := del_{voda} + del_{plex} + del_{Sh}$$

$$dl_{Sh} = 4.352$$

$$dl_{Det} := del_{voda} + del_{plex} + del_{Win} + del_{Det}$$

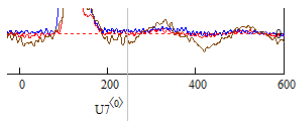
$$dl_{Det} = 25.797$$



```

hAB_0 := Pred ←
for i ∈
  if (I:
    |i|
    t
  for i ∈
    if (II
      |i|
      t
    dt ← (
    dsc ←
  
```

h_{Sh} = 4.352



Apparition delay over length cables

$tlc_{ns} := 122$ $tlc_{Sh} := 122$ $tlc_{RC} := 127 + \frac{20}{v_{plex}}$ $tlc_{det} := 158$

Delay sum

$tsc_{ns} := 0 + tlc_{ns}$ $tsc_{RC} := dl_{RC} + tlc_{RC}$ $tsc_{Sh} := dl_{Sh} + tlc_{Sh}$
 $h_{RC} := tsc_{RC} - tsc_{ns}$ $h_{Sh} := tsc_{Sh} - tsc_{ns}$ $h_{RC_Sn} := tsc_{RC} - tsc_{Sh}$

```

hAB_0 := Pred ← 3·103
for i ∈ 0..rows(Is<sup>(1)</sup>) - 1
  if (Is<sup>(1)</sup>)<sub>i</sub> > Pred
    |i1 ← i
    |break
for i ∈ 0..rows(Ikp<sup>(1)</sup>) - 1
  if (Ikp<sup>(1)</sup>)<sub>i</sub> > Pred
    |i2 ← i
    |break
dt ← (Ikp<sup>(0)</sup>)<sub>i2</sub> - (Is<sup>(0)</sup>)<sub>i1</sub>
dsc ← dt - hRC_Sn
  
```

```

hAB := Pred ← 8·103
for i ∈ 0..rows(Irc<sup>(1)</sup>) - 1
  if (Irc<sup>(1)</sup>)<sub>i</sub> > Pred
    |i1 ← i
    |break
for i ∈ 0..rows(Ikp<sup>(1)</sup>) - 1
  if (Ikp<sup>(1)</sup>)<sub>i</sub> > Pred
    |i2 ← i
    |break
dt ← (Ikp<sup>(0)</sup>)<sub>i2</sub> - (Irc<sup>(0)</sup>)<sub>i1</sub>
dt
  
```

h_{Sh} = 4.352
 h_{RC} = 9.373
 h_{Kp} = 9.994
 h_{det} = 62.418

$tsc_{kp} := dl_{RC} + tlc_{RC}$
 $h_{det} := tsc_{det} - tsc_{ns} + hAB$
 $h_{det} = 62.418$

$tsc_{det} := dl_{det} + tlc_{det}$
 $h_{kp} := tsc_{kp} - tsc_{ns} + hAB$

**11.2. Приложение Б. Файл с коэффициентами калибровки для
линейного детектора.**

| | | | | | | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|
| 119.859 | 112.746 | 109.409 | 104.466 | 108.196 | 111.007 | 115.128 | 117.711 | |
| 107.535 | 112.731 | 117.492 | | | | | | |
| 1069.25 | 1109.65 | 990.336 | 1026.54 | 944.807 | 1012.2 | 947.56 | 875.227 | 841.335 |
| 830.258 | 803.02 | | | | | | | |
| -382.503 | -500.712 | 199.356 | -648.006 | 145.6 | -395.919 | -72.3221 | 140.606 | - |
| 311.854 | -295.366 | 74.4669 | | | | | | |
| 593.395 | 678.318 | 100.9 | 1017 | 201.397 | 772.711 | 509.635 | 266.456 | 762.984 |
| 752.376 | 405.022 | | | | | | | |

11.3. Приложение В. Исходные данные к разработанному ПО.

Данные в программе Luch_2sc55

Осциллограф А

| Канал1 (А_С1) | | | |
|----------------|------------------|----------|-------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Напряжение ГИН | Um | Файл С1 | кВ |
| Делитель 1А | Div_m | 8,80E+03 | |
| Ослабитель 1А | DB5fix | 50 | |
| Коэффициент | Kum=DB5fix*Div_m | 4,40E+05 | |

| Канал 2(А_С2) | | | |
|---------------------|-----------------|----------|-------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Напряжение на диоде | Un | Файл С2 | кВ |
| Делитель 2А | Div_n | 2,05E+03 | |
| Ослабитель 2А | D1fix | 205 | |
| Коэффициент | Kun=D1fix*Div_n | 4,20E+05 | |

| Канал 3(А_С3) | | | |
|---------------|----------------|----------|-------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Ток в диоде | Ish | Файл С3 | кА |
| Шунт | Rsh | 3,00E-02 | |
| Ослабитель 3А | D3fix | 440 | |
| Коэффициент | KIsh=D3fix/Rsh | 1,47E+04 | |

| Канал 4(А_С4) | | | |
|-------------------|---------------------|----------|-------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Ток в диоде, пояс | | | |
| Рог | Irc | Файл С4 | кА |
| Коэффициент | RCoil | 1,92E+02 | |
| Ослабитель 4А | DA6fix | 50 | |
| Коэффициент | KIrc=DA6fix*RCoil*2 | 1,92E+04 | |

Осциллограф Б

| Канал 1(Б_С1) | | | |
|-------------------|---------------------|----------|-------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Ток в диоде, пояс | | | |
| Рог | Iкр | Файл С4 | кА |
| Коэффициент | RCoil | 1,92E+02 | |
| Ослабитель 1Б | DA6fix | 50 | |
| Коэффициент | KIrc=DA6fix*RCoil*2 | 1,92E+04 | |

| Канал 2(Б_С2) | | | |
|----------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Напряж. лин. детект. | U7 | Файл С2 | кВ |
| Аттенюатор 2Б | | 0-80 Дб | Устанав при экспер. |

| Канал 3 (Б_С3) | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Напряж. нелин. детект. | U8 | Файл С3 | кВ |
| Аттенюатор 3Б | | 0-80 Дб | Устанав при экспер |

| Канал 4(Б_С4) | | | |
|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|
| Данные | Обозначение | Значение | Единицы измерения |
| Напряж. двиг. детект. | U1d | Файл С4 | кВ |
| Аттенюатор | | 0-80 Дб | Устанав при экспер |
| Ослабитель 4В | | 10 Дб | Устанав при экспер |

Скорости СВЧ импульса

| Среда | Скорость | Един. измерения |
|----------------|-----------------|------------------------|
| Вакуум (v) | 30 | см/нсек |
| Вода(Vvoda) | 3,33 | см/нсек |
| Плекс (Vplex) | 18,97 | см/нсек |
| Волновод (Vwg) | 22,77 | см/нсек |

Задержки импульса

| Среда в см | Расч. формула | Значение | Един. измерения |
|--------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|
| Вода - 6 | $6/Vvoda$ | 1,800 | нс |
| Плекс - 13 | $13/Vplex$ | 0,685 | нс |
| RC цепь - 25 | $25/v$ | 0,833 | нс |
| Шунт - 56 | $56/v$ | 1,867 | нс |
| Генератор - 120 | $120/v$ | 4,000 | нс |
| Длина пояса рог.- 250 | $250/v$ | 8,333 | нс |

| | | | |
|------------------------|--------------|-------|----|
| Длина волнов. - 250 | $250/V_{wg}$ | 10,98 | нс |
|------------------------|--------------|-------|----|

| Суммарные задержки импульса | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|--------------------|
| Канал осциллогр. | Расч. Формула | Значение | Един. измерения |
| 4 кан. А (DLrc) | DELvoda+DELplex+ DELrc | 3,318 | |
| 3 кан. А (DLsh (шунт)) | DELvoda+DELplex+ DELsh | 4,352 | |
| 4 кан. Б (Dldet(Дет)) | DELvoda+DELplex+DELwin+DEL det | 25,797 | |

| Запаздывание от длины кабеля | | | |
|------------------------------|-------------|----------------------|----------|
| Длина кабеля в см | Обозначение | Вычисление | Значение |
| 1 кан. А - 122 | TLCns | 122 | 122 |
| 3 кан. А -122 | TLCsh | 122 | 122 |
| 4 кан А -127 + 20plex | TLCrc | $127+20/V_{plex}$ | 128,05 |
| 2 кан. Б -158 | TLCdet | 158 | 158 |
| 3 кан. Б - 158 | TLCdet | 158 | 158 |
| 4 кан. Б -158 | TLCdet | 158 | 158 |
| Суммарное запаздывание | | | |
| Номер канала осц. | Обозначен | Вычисление | Значение |
| 1 канал А | TSCns | 0+TLCns | 122 |
| 4 канал А | TSCrc | DLrc+TLCrc | 131,373 |
| 3 канал А | TSCsh | DLsh+TLCsh | 126,352 |
| 2 канал А без кабеля | Hrc | TSCrc-TSCns | 9,373 |
| 3 канал А без кабеля | Hsh | TSCsh-TSCns | 4,352 |
| 1 канал Б | Hrc_sn | TSCrc-TSCsh | 5,021 |
| 4 канал А | TSCkp | DLrc+TLCrc | 131,373 |
| 4 канал Б | TSCdet | Dldet+TLCdet | 183,797 |
| 2 канал Б | Hdet | TSCdet- TSCns+hAB | 60,618 |
| 3 канал Б | Hkp | TSCkp- TSCns+hAB | 8,194 |

11.4. Приложение Г. Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке

Введение

Раздел № 1

Обзор литературы

Раздел № 2

Объект и методы исследования

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 8БМ51 | Соловьев Иван Николаевич | | |

Консультант – лингвист кафедры иностранных языков института кибернетики:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Морозов В. | | | |

INTRODUCTION

A scheme for measuring microwave pulse parameters is described in [1]. Detected signals from three measuring channels are transferred to a digital oscilloscope and recorded as text files. For receiving detectors, there are pre-calibrated calibration curves. The curves show the dependence of the output voltage of the sensors on the microwave power at the input of the measuring channel at different frequencies of the microwave signal. The processing of experimental data obtained with a digital oscilloscope was carried out using software developed in the MathCad environment. Text files were read by the MathCad program to obtain graphs of various parameters of the microwave pulse. For the experimenter, the software in the MathCad environment is quite inconvenient, since it requires input of a lot of initial data directly into the program.

The existing software is outdated and does not meet the requirements of the experimenter, in this connection there is a need to create new software using modern software tools. The developed software should provide the experimenter with the possibility of more convenient input and editing of initial data, as well as their further processing and visualization.

Purpose of the work: development of software for estimating the parameters of microwave pulses, as well as evaluating the quality of the software developed.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- a. study the existing software for estimating the parameters of microwave pulses;
- b. develop a new software for estimating the parameters of microwave pulses;
- c. evaluate the quality of the software developed;

- d. make a comparative analysis of the estimates of the microwave pulse parameters obtained using the developed and existing software.

The relevance of the topic is due to the limited possibilities of the experimenter in evaluating the parameters of the microwave pulse. When using the developed software, it is supposed to simplify considerably the work with experimental data, as well as provide more advanced visualization capabilities of the processing results of this data, which will allow the experimenter to perform a better evaluation of the microwave pulse parameters.

1. LITERATURE REVIEW

1.1. Problems of microwave pulse researching

Measurement of the parameters of high-power microwave pulses causes certain difficulties, primarily due to the lack of calibrated sensors capable of operating at large spectral densities of energy, which cause nonlinear effects in the propagation medium.

Existing devices for measuring the parameters of radio signals with frequencies of the order of 3 GHz, for example, digital oscilloscopes with a sampling frequency of more than 10 GHz, as well as meters of spectral characteristics, are very expensive and inaccessible. Measurement of the frequency of such signals by a transverse waveguide with further refinement of its value by a bandpass filter requires multiple repeats of the signals. This method is not precise enough and allows us to estimate only the central frequency of the pulse without the possibility of measuring its course during the pulse.

It should be noted that the calibration of the measuring channels for the microwave pulses passing through various elements of the experimental setup is an important task for quantifying the parameters of microwave pulses during experimental investigations.

1.2. Description of the experimental setup

The method for comparing signals from two frequency-dependent channels of microwave power supply using a digital oscilloscope, a computer, and a software package developed in the Qt 4.5 C++ environment is based on the frequency meter of high-power microwave pulses. The meter allows to register the spectrum and the time variation of the carrier frequency of the radiation in the range 2.7-7.7 GHz. A block diagram of the meter of the frequency composition of rare-repeated pulses is shown in Fig. 1.

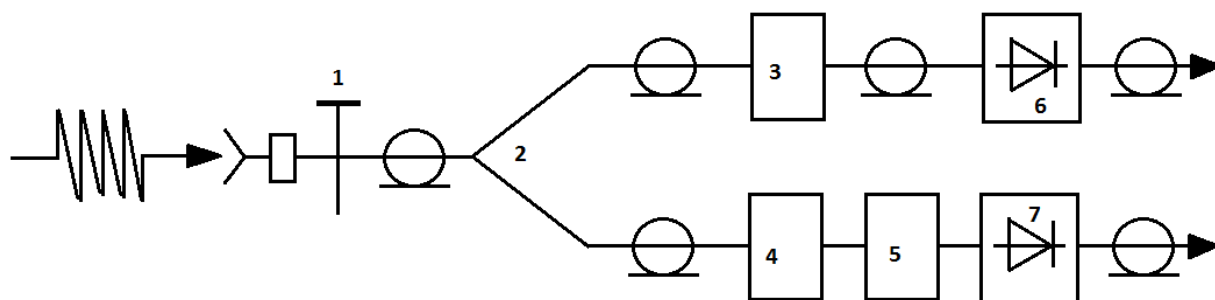


Figure 1. Block diagram of the frequency meter of the microwave pulse. 1 - CWP; 2 - tee; 3, 4 - fixed attenuator; 5 - over-limit attenuator; 6, 7 - detector head.

The meter consists of a coaxial-waveguide junction 1, a coaxial matched broadband T-piece 2, two broadband fixed attenuators 3 and 4, an "over-limit" attenuator 5 and two wide-band coaxial detector heads 6 and 7 with semiconductor microwave diodes. The use of two detectors for measuring the frequency is proposed in [2].

Microwave power goes to the antenna and then spreads through two measuring channels through the coordinated tee 2. In one of the channels, called broadband or linear, a coaxial detector head 6 with a semiconductor microwave diode is installed after the fixed attenuator to detect the microwave pulse. In the second channel, called dispersed or nonlinear, a transient attenuator is installed between the fixed attenuator and the coaxial detector head 7, which is similar to the head in a wideband channel, the attenuation of which depends on the frequency according to a certain law (Figure 2).

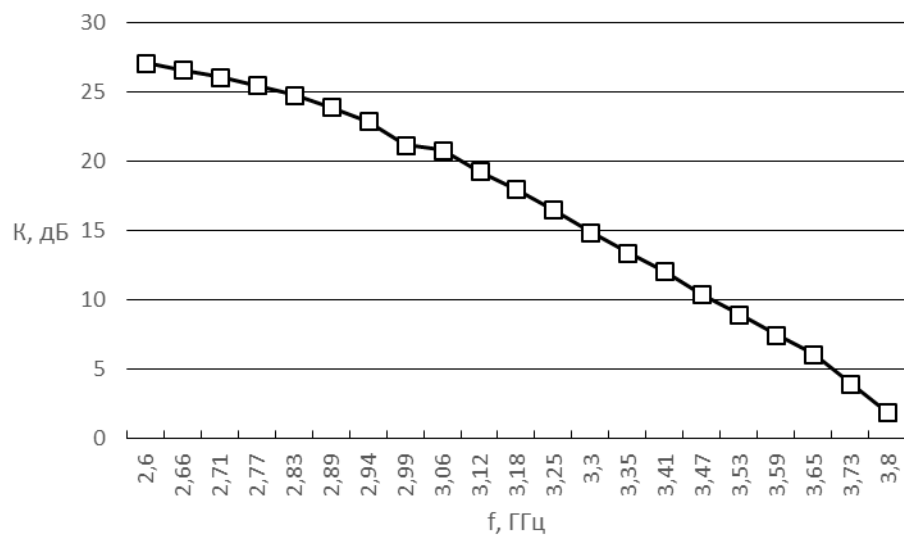


Figure 2. Dependence of the transmission coefficient K of the microwave signal through the over-limit attenuator on its frequency f .

Detected signals from two measuring channels are fed to different channels of the oscilloscope. For both channels, the calibration characteristics $PL = F(U, f)$ and $PN = F(U, f)$ are preliminarily measured, showing the dependence of the output voltage on the microwave power at the meter input for various frequencies of the microwave signal. Their production method is described in [3].

The experimental scheme for estimating the parameters of the microwave pulses passed through the measuring channel and other parameters of the installation is shown in Fig. 3. The signals taken from the experimental setup are recorded by two four-channel digital oscilloscopes and recorded in the corresponding files, while the coefficients obtained are processed by the coefficients that are calculated Depending on the measured parameters.

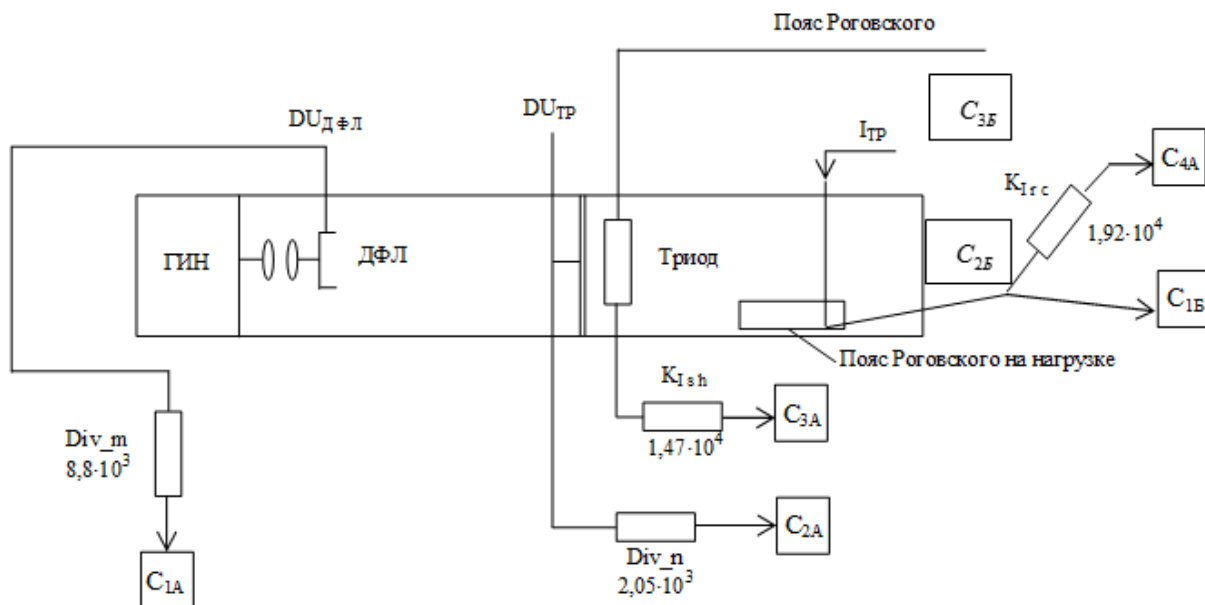


Figure 3. The scheme of the experimental setup,

where C1A (U_m) is the voltage from the pulse generator (generator of microwave pulses);

C2A (U_n) is the voltage across the diode;

C3A (I_{sh}) - current in the triode;

C4A (I_{rc}) - current in the Rogovsky belt;

C1B (I_{kp}) - the current in the Rogowski belt on the load;

Div_m is the attenuator of the GIN;

Div_n - voltage divider on the diode;

KIsh - coefficient of attenuation in the triode current circuit;

KIrc - coefficient in the current measurement circuit in Rogowski's belt;

C2B (U_7) is the voltage from the linear detector;

C3B (U_8) is the voltage from the nonlinear detector;

C4B (U1d) is the voltage from the moving detector.

The main parameters that are in the processing of data obtained after the experiment are the envelopes of the microwave pulse. The registration of the microwave pulse parameters is made by linear and nonlinear sensors of the measuring channels of the oscilloscopes. Using the calibration characteristics of the linear and nonlinear channels of oscilloscopes, the frequency dependences of the measured power of the linear and nonlinear channels for the output voltages of the sensors and the reduced pulse power of the pulse are found.

1.3. Conclusions on the section

During the review of the literature on this subject, problems of recording microwave pulses were studied, as well as an experimental setup for measuring the frequency composition of high-power microwave pulses of nanosecond duration. A representation of the experimental data that will be used for further processing in the software, as well as the parameters and characteristics of the microwave pulse, obtained with the help of the software developed by us, is obtained.

2. OBJECT AND METHODS OF RESEARCH

2.1. Formulation of the problem

The objects of the research are previously developed software tools for estimating the microwave pulse parameters, as well as existing methods for estimating the microwave pulse parameters.

The subject of the study is the development of software for the evaluation of various parameters of microwave pulses, based on data obtained during the experiment to measure the frequency composition of microwave pulses.

In accordance with the foregoing, the following tasks are required:

- a. to study the existing software tools for estimating the parameters of microwave pulses;
- b. to study the existing methods for estimating the parameters of microwave pulses;
- c. to develop software for estimating the parameters of the microwave pulse;
- d. assess the quality of the developed software;
- e. to compare the results of the work of the developed software with the results of the existing means of estimating the microwave pulse parameters.

2.2. Software for estimating the parameters of microwave pulses

At present, software tools implemented in the Mathcad environment are used to estimate the parameters of microwave pulses. This toolkit is a Mathcad document in which the following functional is implemented:

- a. input of initial experimental data (environmental parameters, characteristics of experimental setup elements, pulse delay, etc.);
- b. reading experimental data from files;
- c. calculation and visualization in the form of graphs of the following parameters of the microwave pulse:
 - the dependence of the voltage U_m on the GIN on time;

- the dependence of voltage U_n on the diode on time;
- the dependence of the current I_{sh} on the diode on time;
- the dependence of the current I_{rc} on the diode in the Rogowski belt on time;
- the dependence of the current I_{kp} on the diode in the Rogowski belt under the load of time;
- the voltage U_7 on the linear detector versus time;
- the dependence of the voltage U_8 on the nonlinear detector on time;
- the dependence of the voltage U_{1d} on the movable detector on time.

Listing of the existing program implemented in Mathcad is presented in Appendix 1.

One of the disadvantages of this means of estimating the microwave pulse parameters is, first of all, the extremely inconvenient input of the experimental data, due to the setting of new values for each of the variables directly in the Mathcad document. Also worth noting is the time-consuming reading of experimental data from the measuring channels of oscilloscopes. For this, the experimenter should:

- a. place four files with experimental data (one for each channel of the oscilloscope) in a separate folder for each of the oscilloscopes;
- b. specify the path to each of the two folders directly in the Mathcad document;
- c. repeat the above steps when selecting data from another experiment.

In the process of analyzing the graphs obtained after the calculations and the subsequent evaluation of the parameters of the microwave pulses, the experimenter has the following limitations:

- a. no ability to increase the graph without introducing changes directly into the Mathcad document;
- b. the ability to display the graph at a certain time interval without introducing changes directly into the Mathcad document;

It is also worth noting that in the existing solution it is not possible to evaluate such parameters of the microwave pulse as:

- a. radiation pattern of the microwave pulse;
- b. pulse power depending on its frequency;
- c. frequency with a minimum difference in the pulse power from the linear and nonlinear measuring channels of the experimental setup;
- d. the power drop of a microwave pulse, measured by a moving detector, depends on the direction of the radiation.

2.3. Conclusions on the section

The object and subject of the research were determined, research tasks were set, the existing software tool for estimating the microwave pulse parameters implemented in the Mathcad environment was studied. As a result, the shortcomings of this toolkit were identified, namely:

- a. inconvenience of entering and editing the initial data of the experiment;
- b. inconvenience of input and editing of experimental data;
- c. the lack of additional possibilities for working with the graphs of the estimated parameters of the microwave pulse;
- d. the absence of the possibility of estimating certain parameters of the microwave pulse.

In the software being developed, it is planned to eliminate the identified shortcomings and expand the functional by providing estimates of the missing parameters of the microwave pulse.