

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования динамики горения<br/>         дугового разряда постоянного тока по данным фото-видеорегистрации</b> |
| УДК 004.92.84:747:004.946                                                                                                                                           |

Студент

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата |
|--------|----------------------|---------|------|
| 8E51   | Ищук Данил Сергеевич |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО                     | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Пак Александр Яковлевич | к.т.н., доцент            |         |      |

Нормоконтроль

| Должность        | ФИО                        | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Суханов Алексей Викторович | к.х.н.                    |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО                     | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Фадеева Вера Николаевна | к.ф.н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО                         | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Немцова Ольга Александровна | -                         |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность              | ФИО                        | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Руководитель ООП ИШИТР | Мамонова Татьяна Егоровна  | к.т.н.                    |         |      |
| Руководитель ОАР ИШИТР | Леонов Сергей Владимирович | к.т.н.                    |         |      |

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

| Код<br>результата                   | Результат обучения<br>(Выпускник должен быть готов)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| P1                                  | применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.                                                                                                                          |
| P2                                  | воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.                                                        |
| P3                                  | применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.                                                                        |
| P4                                  | определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем                                                                                                                                                                                            |
| P5                                  | планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы. |
| P6                                  | понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.                                                                                                                                                                                             |
| P7                                  | применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.                                                                                                                          |
| <b>Универсальные компетенции</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| P8                                  | эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| P9                                  | владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий                                                                                                                                                                                                                                  |
| P10                                 | проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду                                                          |
| P11                                 | следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Уровень образования - бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения - осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

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

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)           | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|               | Основная часть                                                  | 75                                 |
|               | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 15                                 |
|               | Социальная ответственность                                      | 10                                 |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Пак Александр Яковлевич | к.т.н., доцент         |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

| Должность        | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н.                 |         |      |

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
Отделение школы (НОЦ) - отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП ИШИТР  
\_\_\_\_\_ Мамонова  
Т.Е. \_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

| Группа | ФИО                     |
|--------|-------------------------|
| 8Е51   | Ищуку Данилу Сергеевичу |

Тема работы:

Разработка программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации для исследования динамики горения дугового разряда постоянного тока.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Предметом проектирования является программно-аппаратный комплекс фото-видеорегистрации процесса горения дугового разряда. Комплекс должен регистрировать процесс горения дугового разряда и его влияние на изменение температуры графитовых электродов.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучить существующие способы фиксации и исследования дугового разряда;</li> <li>2. Проектирование комплекса;</li> <li>3. Провести эксперименты, по результатам которых внести корректировки;</li> <li>4. Разработать алгоритмы синхронизации данных;</li> <li>5. Разработать алгоритмы обработки изображений;</li> <li>6. Протестировать полученный комплекс;</li> </ol> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Блок-схема алгоритмов программы</li> <li>2. Структурная схема комплекса</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>Раздел</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p><b>Консультант</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН, К.Ф.Н.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Социальная ответственность</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>Нет</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                        |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность        | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Пак Александр Яковлевич | К.Т.Н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата |
|--------|----------------------|---------|------|
| 8E51   | Ищук Данил Сергеевич |         |      |

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

Студенту:

| Группа | ФИО                     |
|--------|-------------------------|
| 8Е51   | Ищуку Данилу Сергеевичу |

| Школа               | ИШИТР       | Отделение школы (НОЦ)     | ОАР                                  |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

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

|                                                                                                                                      |                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Бюджет<br>Затраты на з/п<br>на спец. Оборуд.<br>Прочие                                   |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.;<br>Годовая норма амортизации составляет 40 % |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.                             |

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

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | SWOT-анализ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований                                                                        | Формирование плана и графика разработки:<br>- определение структуры работ,<br>- определение трудоемкости работ,<br>- создание диаграммы Ганта.<br>Формирование бюджета затрат на разработку:<br>- материальные затраты,<br>- заработная плата (основная и дополнительная),<br>- социальные отчисления,<br>- накладные расходы. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки          | Определение эффективности разработки.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

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

1. Карта сегментации рынка,
2. Диаграмма Ганта,
3. Расчет бюджета затрат.

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

**Задание выдал консультант:**

| Должность        | ФИО                     | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Фадеева Вера Николаевна | к.ф.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата |
|--------|----------------------|---------|------|
| 8Е51   | Ищук Данил Сергеевич |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО                     |
|--------|-------------------------|
| 8E51   | Ищуку Данилу Сергеевичу |

| Школа               | ИШИТР       | Отделение                 | ОАР                                  |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения                                                                                                                                                                                                        | Объектом исследования является динамика горения дугового разряда постоянного тока при помощи программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации. Разработанный комплекс будет использоваться в исследовании процесса горения низковольтного дугового разряда.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс РФ;</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы»;</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548-96;</li> <li>– ТОИ Р-45-084-01;</li> <li>– «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.;</li> <li>– «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.;</li> <li>– ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения;</li> <li>– Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»;</li> <li>– Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.;</li> <li>– ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»</li> </ul> |
| <b>2. Производственная безопасность:</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия                                                                                                                                                                                 | Вредные производственные факторы: шум, освещенность, микроклимат, нервно-психические перегрузки.<br>Опасные производственные факторы: электрический ток, статическое                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                  |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | электричество.                                                                                                           |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>            | Воздействие на атмосферу, гидросферу отсутствует.<br>Воздействие на литосферу: утилизация ПК, утилизация ламп освещения. |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> | Возникновение пожара на рабочем месте.                                                                                   |

|                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность          | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Немцова Ольга Александровна | -                      |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата |
|--------|----------------------|---------|------|
| 8E51   | Ищук Данил Сергеевич |         |      |

## **Реферат**

Пояснительная записка содержит 75 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 34 рисунка, 1 список использованных источников из 27 наименований.

Цель работы: разработка программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации процесса горения дугового разряда постоянного тока

В данной работе был разработан программно-аппаратного комплекс фото-видеорегистрации процесса горения дугового разряда постоянного тока. Проведены эксперименты и выбрано подходящее для данной цели оборудование и оптические фильтры, основываясь на экспериментах и мировой практики.

Разработанное устройство позволит исследовать параметры и динамику горения дугового разряда постоянного тока.

Ключевые слова: термограмма, плазма, дуговой разряд, видео-регистрация, температурное распределение.

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

В данном разделе поясняются основные термины и определения, а также сокращения, применяемые в процессе написания работы.

**Термограмма** — изображение, показывающего картину распределения температурных полей.

**Дуговой разряд** – один из типов стационарного электрического разряда в газе, характеризующийся большой плотностью тока и малым падением напряжения вблизи катода.

**Интенсивность излучения** – это мощность световой энергии (поток излучения за единицу времени), проходящей через площадку единичного сечения, расположенную перпендикулярно выбранному направлению в единичном телесном угле.

## Содержание

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                  | 13 |
| 1 Обзор литературы .....                                                                                                                       | 14 |
| 1.1 Основные методы фиксирования характеристик электродуговой установки .....                                                                  | 14 |
| 1.2 Обзор существующих исследований.....                                                                                                       | 15 |
| 1.3 Выводы по обзору.....                                                                                                                      | 23 |
| 2 Методика проведения исследований .....                                                                                                       | 25 |
| 2.1 Экспериментальная установка .....                                                                                                          | 25 |
| 2.2 Методика синхронизации видеопотока с осциллограммой.....                                                                                   | 25 |
| 2.3 Разработка инфракрасного тепловизора .....                                                                                                 | 28 |
| 2.4 Разработка структурной схемы.....                                                                                                          | 30 |
| 2.5 Исследование влияние внутренних параметров камеры на диапазон измерения температуры.....                                                   | 31 |
| 3 Исследование параметров работы электродуговой установки .....                                                                                | 37 |
| 3.1 Определение температуры.....                                                                                                               | 37 |
| 3.2 Определение энергетических затрат работы плазменной установки .....                                                                        | 39 |
| Заключение .....                                                                                                                               | 41 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...                                                                          | 42 |
| 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения ..... | 42 |
| 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....                                                                                 | 42 |
| 4.1.2 SWOT-анализ.....                                                                                                                         | 42 |
| 4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....                                                                                          | 46 |
| 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....                                                                                     | 46 |

|                                                          |                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2                                                    | Определение трудоемкости выполнения работ .....                                                                              | 47 |
| 4.2.3                                                    | Разработка графика проведения научного исследования .....                                                                    | 48 |
| 4.2.4                                                    | Бюджет научно-технической разработки .....                                                                                   | 51 |
| 4.3                                                      | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки ..... | 56 |
| Выводы .....                                             |                                                                                                                              | 58 |
| 5                                                        | Социальная ответственность .....                                                                                             | 58 |
| 5.1                                                      | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                                                            | 59 |
| 5.2                                                      | Производственная безопасность .....                                                                                          | 61 |
| 5.2.1                                                    | Повышенный уровень шума .....                                                                                                | 61 |
| 5.2.2                                                    | Недостаточная освещенность рабочей зоны .....                                                                                | 62 |
| 5.2.3                                                    | Отклонения параметров микроклимата .....                                                                                     | 63 |
| 5.2.4                                                    | Нервно-психические перегрузки .....                                                                                          | 64 |
| 5.2.5                                                    | Статическое электричество .....                                                                                              | 65 |
| 5.2.6                                                    | Электрический ток .....                                                                                                      | 65 |
| 5.3                                                      | Экологическая безопасность .....                                                                                             | 67 |
| 5.4                                                      | Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....                                                                                  | 68 |
| Заключение по разделу «Социальная ответственность» ..... |                                                                                                                              | 69 |
| Список использованных источников .....                   |                                                                                                                              | 71 |
| Приложение А – Кадры экспериментов и их термограммы..... |                                                                                                                              | 74 |

## **Введение**

Системы технического зрения являются важной составляющей частью множества высокотехнологичных устройств. Особенно необходимость в использовании подобных систем мониторинга возрастает при небезопасности наблюдения или же не возможности восприятия информации без специальных устройств. Так же, как показывает мировая практика в области фиксирования быстропротекающих процессов, синхронизация и обработка полученных данных со всех устройств мониторинга, таких как осциллографы, пирометры, спектрометры и видеокамеры, является необходимой задачей. К одному из таких процессов относится горения дугового разряда в электродуговой установке.

В виду развития синтеза различных функциональных материалов с помощью дугового разряда, актуальность исследования его поведения не оставляет сомнений.

**Цель работы:** разработка программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации процесса горения дугового разряда постоянного тока

Задачи, преследуемые в данной работе:

- 1.Определить методику регистрирования процесса горения дугового разряда;
- 2.Разработать структурную схему;
- 3.Разработать методику определения температуры электродов по видеопотоку;

## **1 Обзор литературы**

В данной главе проводится обзор методов фиксирования процесса горения электродугового разряда и способы измерения его характеристик. Целью главы является изучение существующих методов измерения характеристик плазмы для разработки собственного программно-аппаратного комплекса.

### **1.1 Основные методы фиксирования характеристик электродуговой установки**

Особую роль в процессе работы электродуговых установок постоянного тока, является контроль за внешними характеристиками установки, таких как, фронт распространения плазмы в открытой воздушной среде, спектральный анализ рабочей среды, температуры накала электрода и вольтамперные характеристики. Так же, немалую роль в обеспечении повторяемости и исследовании процессов протекающих во время работы электродуговой установки, является визуальная регистрация состояний системы. От методики и точности регистрации всех выше перечисленных параметров, зависят дальнейшие исследования их влияния на синтез углеродных наноматериалов. По этой причине, будут рассмотрены существующие методы регистрации, определены их плюсы и недостатки, а затем предложено свое решение.

Так к основным устройствам отслеживания внешних характеристик электродуговой установки можно отнести:

- Осциллограф;
- Спектрометр;
- Камера;
- Пирометр.

Для получения более полного представления о процессах протекающих во время работы, необходимо иметь синхронизированные данные сразу с нескольких измерительных устройств.

## 1.2 Обзор существующих исследований

Например, так, исследователи из шанхайского университета транспорта, в своей работе [5] исследуют влияние внешних параметров на стабильность работы плазменной дуги в системе обеспечения работы двигателя внутреннего сгорания на обедненной топливно-воздушной смеси. Где в качестве устройств регистрации используют осциллограф и высокоскоростную камеру, с частотой кадров 50.000 кадр/с. Так, ученые, имея данные о внешней среде двигателя, количества подаваемого топлива и синхронизированные осциллограммы тока и напряжения с кадрами, полученными с камеры, смогли исследовать необходимые параметры для поддержания стабильной работы двигателя.

На кадрах, продемонстрированных в рисунке 1.1(b), отображается возникновение дуги и ее поведение при воздействиях окружающей среды, в данном случае потоком воздуха, а рисунок 1.2 представляет собой осциллограмму соответствующую этим кадрам. По полученным данным, можно увидеть как изменяются вольтамперные характеристики в зависимости от стадий поведения заряда, где  $t_0$  – инициирование заряда,  $t_3$  – момент затухания текущего заряда, а  $t_4$  – возникновение нового.

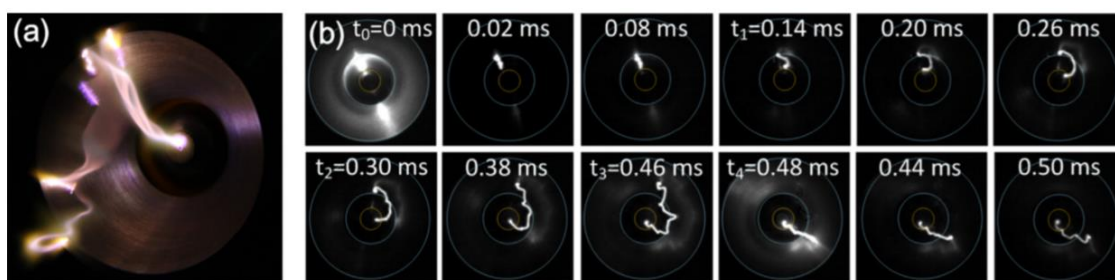


Рисунок 1.1 – (a) Дуга, снятая цифровой камерой с выдержкой в 2.5 мс, (b) Кадры, инициирования разряда

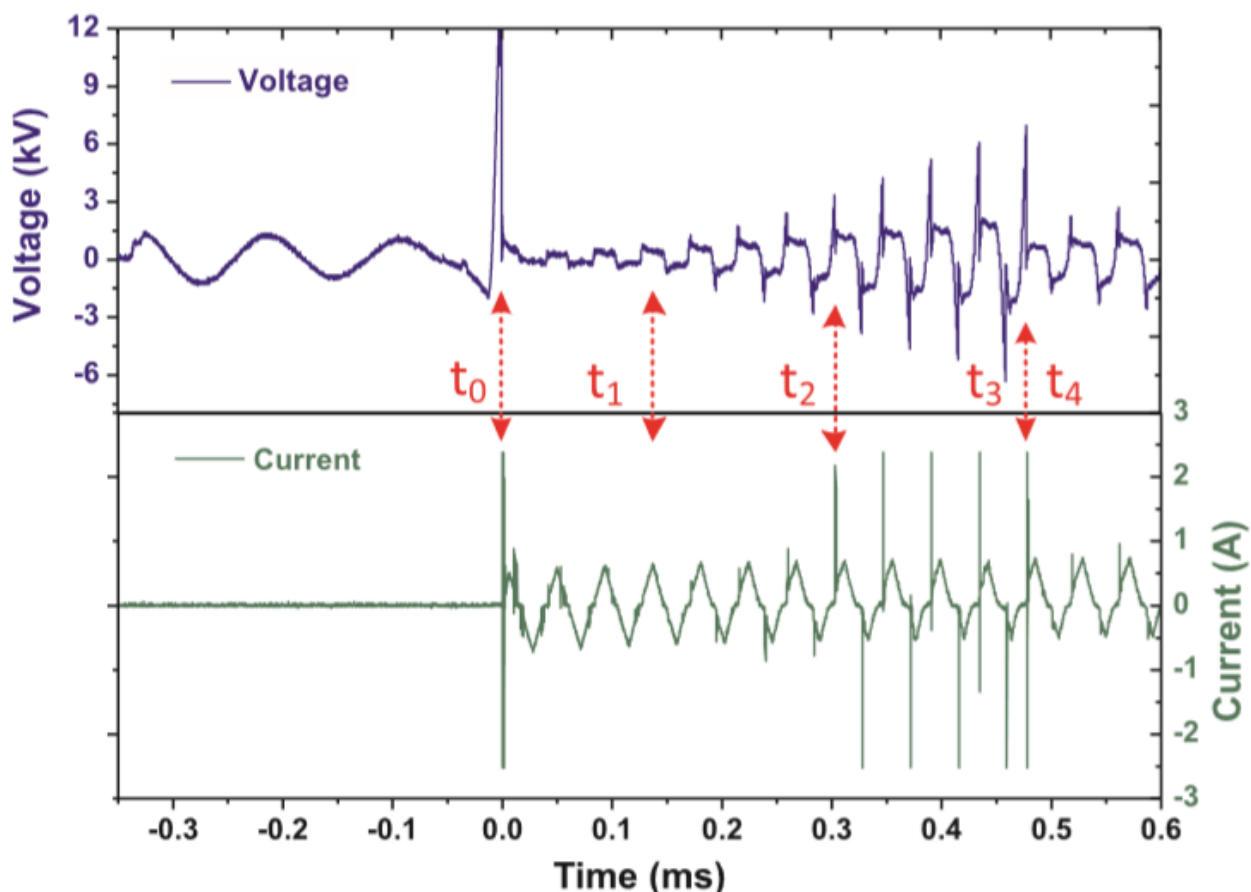


Рисунок 1.2 – Осциллограмма напряжений и силы тока дуги

В следующей работе [3] для исследования методов плазменно-дуговой сварки, так же, как и в предыдущей работе используется видео-регистрация, с помощью высокоскоростной камеры, но уже с меньшей частотой кадров: 1500 кадр/с, так как для определения фронта распространения и области влияния плазменной дуги, достаточно такой скорости работы камеры.

В ходе работы, с помощью, полученных кадров, были сравнены и проанализированы различные методы работы плазменно-дуговой сварки. На рисунке 1.3 представлено их сравнение, где отчетливо видно плазменную дугу, представляющую собой яркое свечение на изображении, ее направление и область действия.

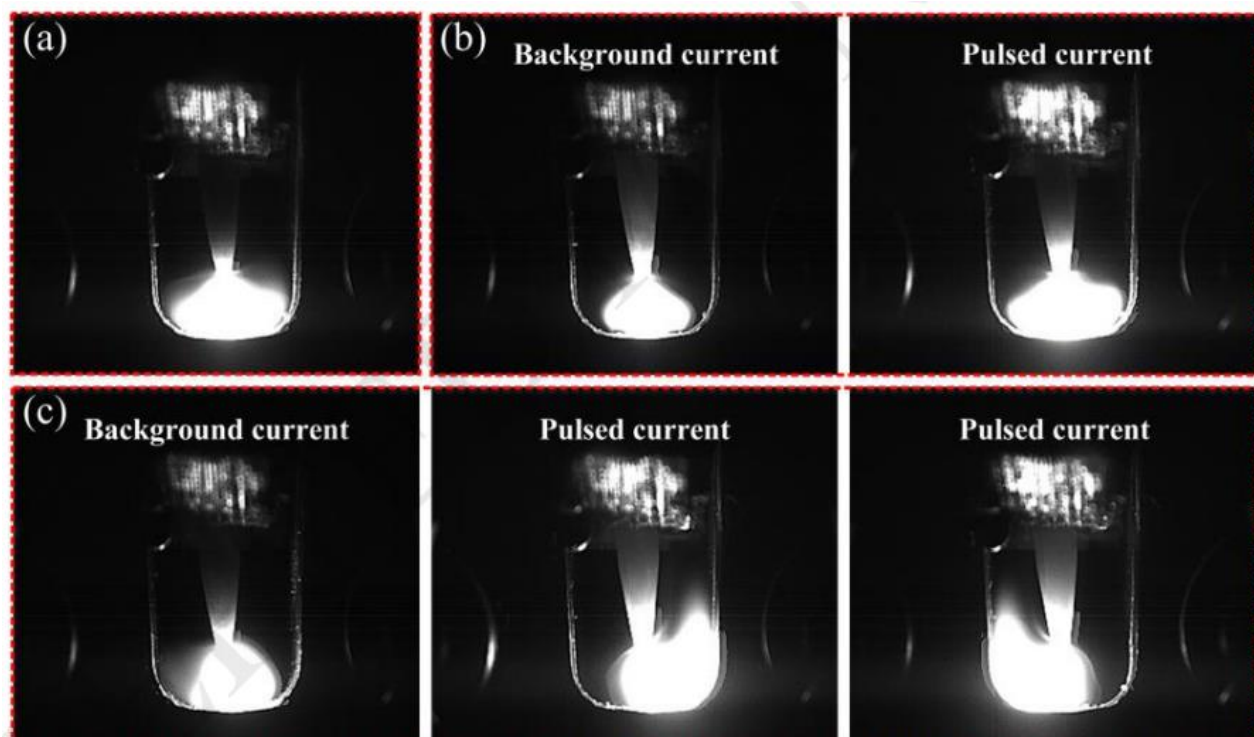


Рисунок 1.3 – Сравнение методов плазменно-дуговой сварки

Таким образом, определяя фронт действия плазменной дуги исследуются параметры влияющие на поведение дуги, для дальнейшей подконтрольной работы с ней.

Так и в работе [6] для предсказания поведения разряда электрической дуги, исследуется область и скорость распространения плазменного разряда, с помощью высокоскоростной камеры. Где на рисунке 1.4, продемонстрировано поведение единичного разряда электродуговой установки, на котором были зафиксированы различные стадии инициирования электрической дуги: воспламенения, расширения и стабилизации.

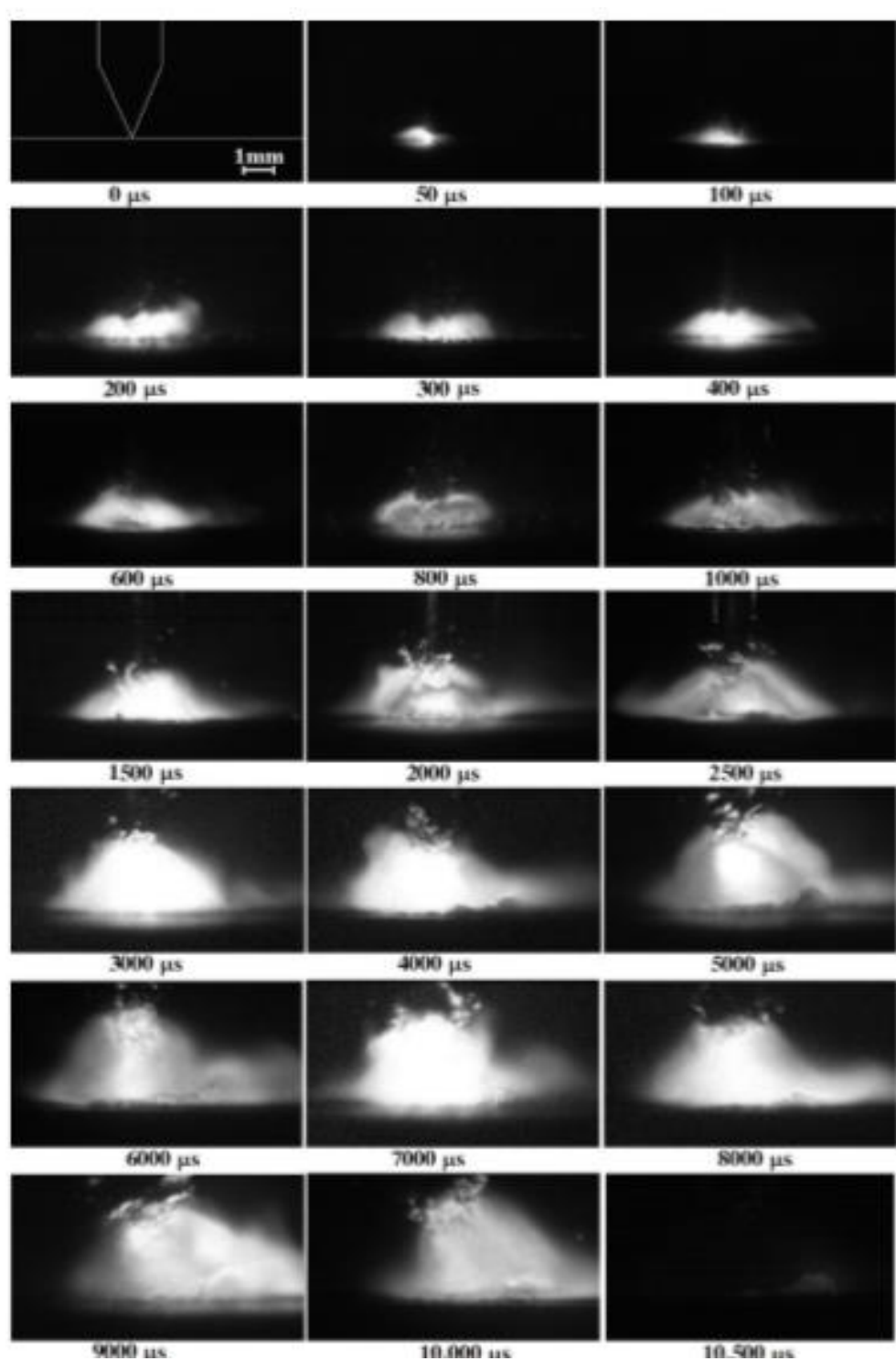


Рисунок 1.4 – Поведение единичного разряда электрической дуги

В ходе исследования, сопоставив кадры единичного разряда электрической дуги и вольтамперные характеристики была разработана методика предсказания распространения плазмы и сравнена с измеренной областью распространения. Графики сравнения представлены в рисунке 1.5.

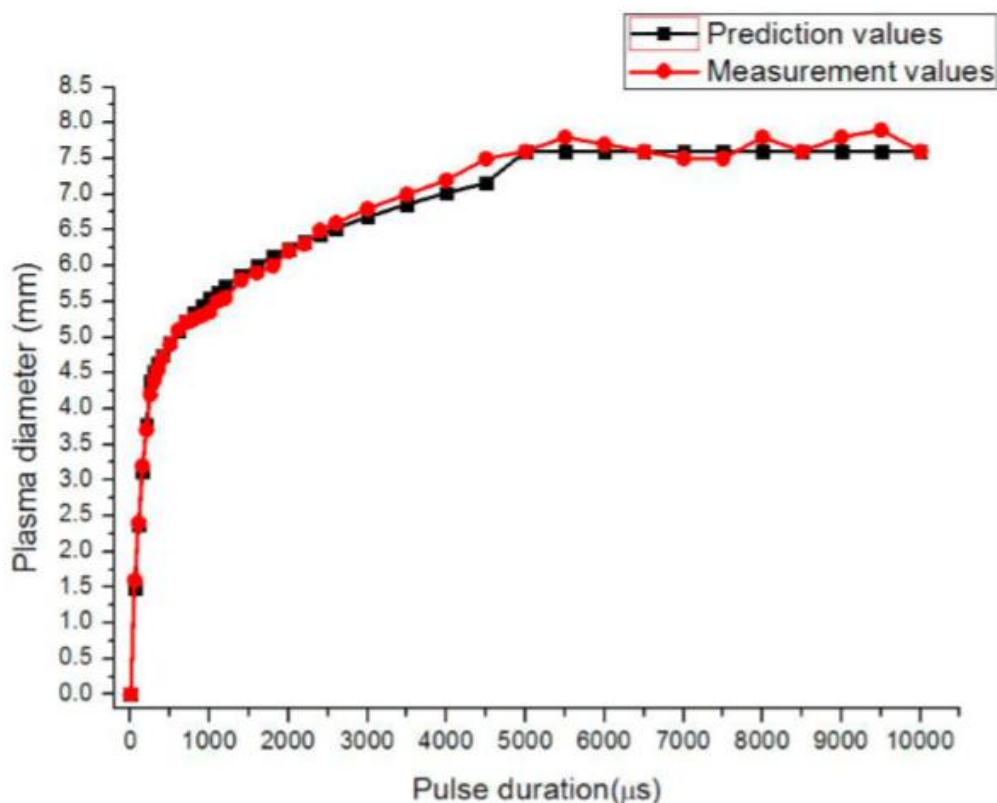


Рисунок 1.5 – Сравнение предсказанных и измеренных значений распространения плазмы

В большинстве случаев, дуговой разряд рассматривают упрощенно, что не дает понимания процесса с физической стороны. Так для более полного представления поведения дуги и влияния, на нее факторов окружающей среды, в работе [4] было исследовано влияние температуры на вольт-амперные характеристики дугового разряда, а так же выявлено изменение температуры при воздействии испарений окружающей среды, на плазму. В качестве, испаряющихся веществ, рассматривались различные реагенты напыленные на пластину, расположенную вдоль направления распространения дуги.

Так, для фиксирования экспериментов были использованы две высокоскоростные камеры с частотой кадров 10 000 кадр/с и выдержкой в 20μс. Одна камера была расположена сверху и снимала в градациях серого, а другая в цвете, но расположена сбоку. Такое расположение, необходимо для фиксирования испарений различных веществ с пластины.

В ходе работы было исследовано поведение дугового разряда под влиянием факторов окружающей среды. Результаты экспериментов представлены на рисунке 1.6, где видно изменение величины дуги в зависимости от количества испарений.

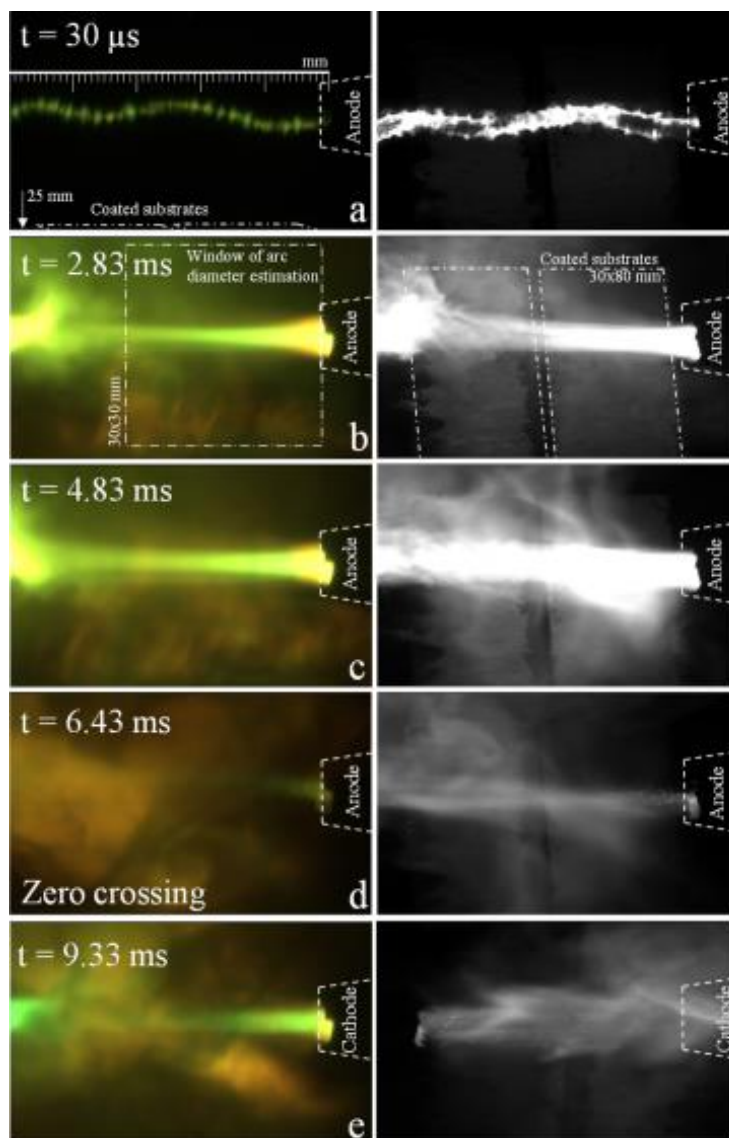


Рисунок 1.6 – Поведение дуги под влиянием испарений.

В следующей работе [7] были проведены эксперименты по измерению температуры плазмы, с помощью высокоскоростной камеры и спектрометра. Камера снимает с частотой кадров 5000 кадр/с и оснащена оптическим фильтром с пропускающей способностью 808нм. В ходе экспериментов были найдены значения интенсивности спектральных линий атомов Аргона для случайной точки М (Рисунок 1.7).

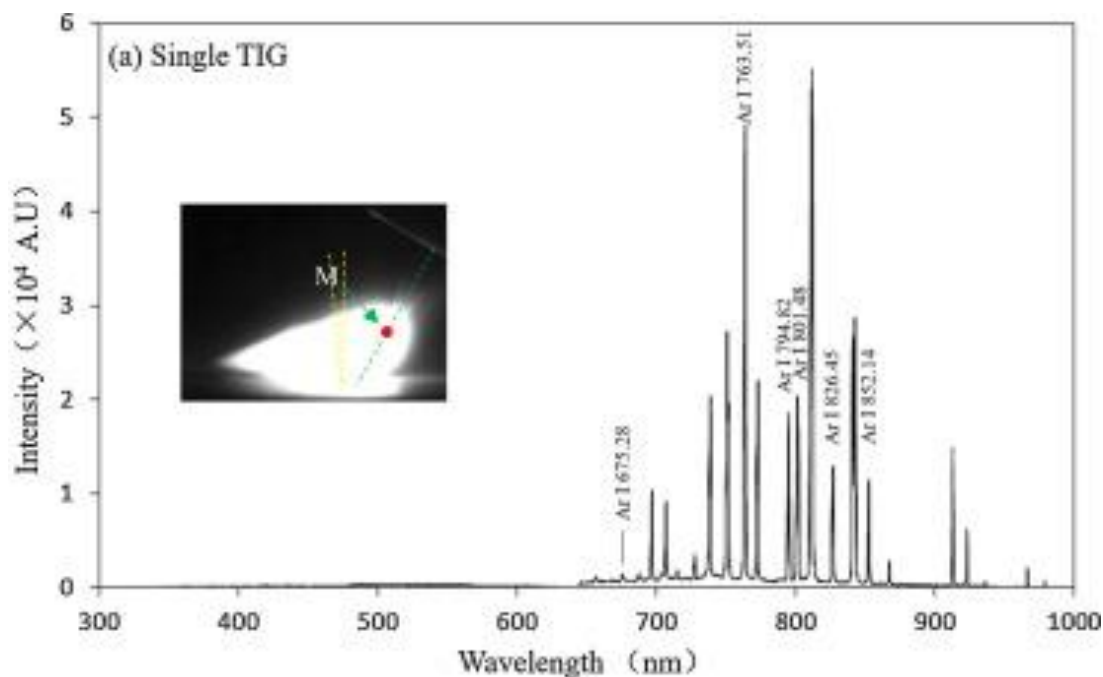


Рисунок 1.7 – Интенсивность спектра плазмы в точке М

Далее, для того, чтобы получить температурное распределение в плазме, используется метод Больцмана, где для некоторого количества атомов серебра, каждому значению интенсивности спектральных линий считается температура.

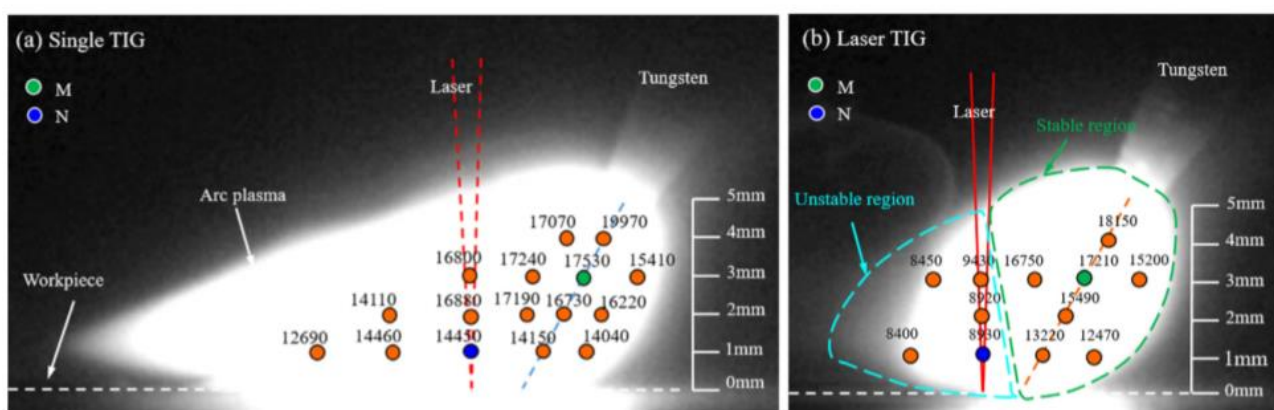


Рисунок 1.8 – Температурное распределение в плазме, (а) без влияния лазерного луча, (b) с лазерным лучом

Так же в данной работе исследуется влияние лазерного луча на температурное распределение плазмы. Из результатов эксперимента, продемонстрированных на рисунке 1.8, можно заметить как сильно лазерный

луч влияет на температуру плазмы, где видно падение температуры примерно на 5000 °К. Таким образом, можно сделать вывод, что активные приборы измерения температуры, с лазерным лучом, влияют на характеристики плазмы электродуговой установки.

Так в работе [1] вместо классических методов измерения температуры была выбрана высокоскоростная камера, оснащенная двумя фильтрами длин волн, для получения кадров в инфракрасном диапазоне. Так, в качестве фильтров были выбраны линзы с пропускающей способностью 763нм и 880нм. Так как фильтры в таком оптическом спектре позволяют исследовать температурные режимы в интересующем диапазоне. В данной работе диапазон измерений находился между 2000 – 4000 [K]. Схема камеры с фильтрами представлена на рисунке 1.9.

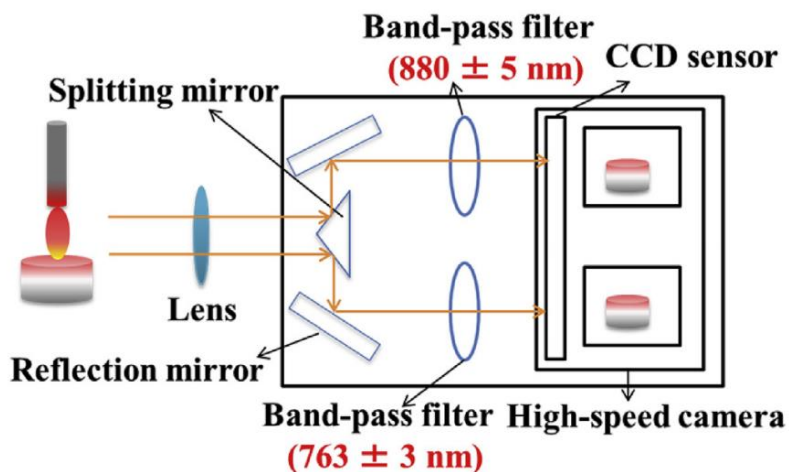


Рисунок 1.9 – Условная схема камеры

Далее для измерения температуры с помощью изображений сравнивается интенсивность излучения, вызванного нагревом электрода, в разных оптических спектрах. Так, получив два изображения в один и тот же момент, по ним строится карта температуры (Рисунок 1.10), на основе закона Планка [2], описывающий зависимость интенсивности излучения абсолютно черного тела от длины волны и температуры.

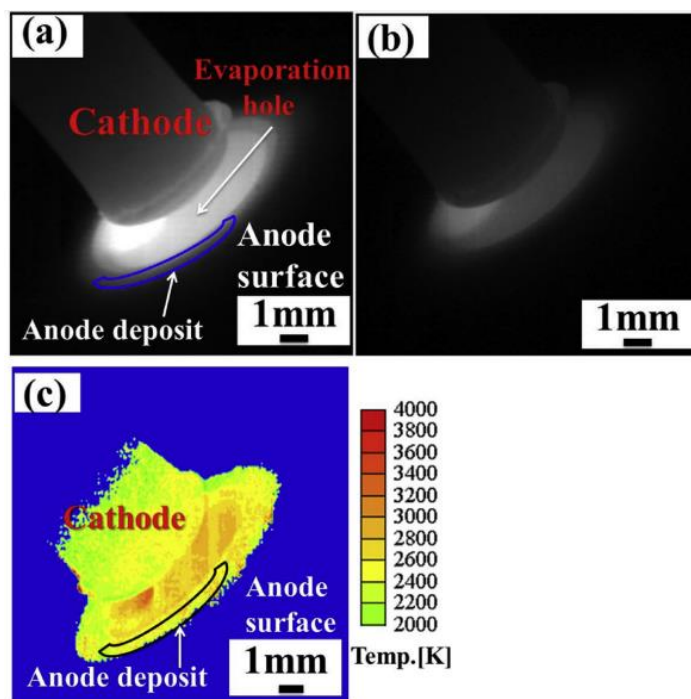


Рисунок 1.10 – Изображение в различных оптических спектрах (а) 880нм и (b) 763нм, а (с) соответствующая этим изображениям карта температур

Температура поверхности анода была измерена, для исследования влияния температурных колебаний на характеристики синтезированного материала. Так, в ходе работы было исследовано, что величина колебаний температуры, напрямую влияет на чистоту и качество синтезированных материалов.

### 1.3 Выводы по обзору

В ходе данного обзора были рассмотрены близкие, к разрабатываемому комплексу, методы анализа работы электродуговой установки. В большинстве своем они все исследуют поведение дугового разряда, с помощью видеопотока и вольтамперных характеристик. Так же как и влияние распределения температуры на стабильность выполнения различных работ с помощью электрической дуги, таких как синтез различных функциональных материалов или же электродуговая сварка.

Данная работа ставит цель разработать собственный программно-аппаратный комплекс для исследования динамики горения дугового разряда постоянного тока по данным фото-видеорегистрации.

Таким образом, исходя из вышеизложенных исследований, можно сделать вывод, что в современном мире активно развиваются методы диагностики плазмы, основанные на фото-видеорегистрации. Данные методы активно применяются в науке и технике, ведется поиск новых методов диагностики. Таких как, изучение поведения дуги и определения ее температуры с помощью видеоданных и спектроскопии, измерение температуры с помощью высокоскоростной камеры. Из чего следует, что задача видео-регистрация имеет широкое применение в исследовании работы установки.

Как правило, такие системы основаны на высокоскоростных установках, проблемой которых является высокая стоимость и сложность в эксплуатации.

В данной работе будет разработан программно-аппаратный комплекс по фиксации данных видео-регистрации. Так же, в вышеописанных статьях не используются типовые решения, так как на рынке они отсутствуют. Из чего следует, что разработка собственного продукта является актуальной задачей.

Так как фиксирование быстропротекающих процессов не является предметом интереса в работе установки, то предлагается использовать визуальную информацию, полученную с веб-камеры, вольт-амперные характеристики с осциллографа и пирометрические данные протекающих во время работы установки процессов. Полученные данные будут синхронизированы во времени, где в качестве результата будет определяться температура электродов установки.

## 2 Методика проведения исследований

В данной главе рассматривается методика измерения характеристик плазменно-дуговой установки и проектирование комплекса по фиксированию и синхронизации данных с установки.

### 2.1 Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования проводились на электродуговом плазмохимическом реакторе постоянного тока. Основу установки составляют графитовые анод в виде цилиндрического стержня и катод в форме тигля. На дно тигля помещается смесь углерода с какой-либо рудой. Анод и смесь исходных реагентов на дне тигля образуют разрядный промежуток, в котором инициируется дуговой разряд. В серии экспериментов изменялась энергия разряда путем управления длительностью его горения (до 30 с) при силе постоянного тока  $\sim 165$  А [13].

### 2.2 Методика синхронизации видеопотока с осциллограммой

В качестве камеры используется стереопара из двух веб-камер: defender C-110, чьи характеристики представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики камеры

| Камера            | Число<br>мегапикселей | Разрешение | Фокусировка   | Частота<br>кадров |
|-------------------|-----------------------|------------|---------------|-------------------|
| Defender<br>C-110 | 0.3 Мп                | 640x480    | Фиксированная | 30 кадр/с         |

Для решения задачи синхронизации, был проведен ряд экспериментов, где с помощью мобильной камеры оснащенной нейтрально-серым светофильтром был снят процесс горения дугового разряда. Так как, полученные кадры (Рисунок 2.1), не пригодны для дальнейшего анализа в исходном виде, была произведена пост-обработка изображения в виде

бинаризации по пороговому значению, т.е., для каждого пикселя, чье значение ниже определенного значения яркости – задается черный цвет, а для тех чье значение больше – белый. Таким образом, была получены данные пригодные для дальнейшего анализа (Рисунок 2.2).



Рисунок 2.1 – Кадр горения дугового разряда



Рисунок 2.2 – Кадр горения дугового разряда с применением пороговой бинаризации

Следующим этапом было соотнесение полученных кадров, в разные промежутки времени, с осциллограммой. Где, на рисунке 2.3 изображены кадры горения дугового разряда, а на рисунке 2.4, представлена осциллограмма, где точками  $t_0...t_8$  обозначены соответствия кадрам.

Электрические параметры рабочего цикла дугового разряда определялись с использованием цифрового осциллографа RIGOL DS1052E.

Возникновение дугового разряда, сопровождается резким падением напряжения, вызванным ионизацией воздушного промежутка между анодом и катодом [8], в момент времени  $t_0$ . Следующим этапом, является горение дугового разряда, с момента времени  $t_1$  по  $t_6$ . Далее напряжение, возвращается к своему установившемуся значению 60В, с момента  $t_6$  по  $t_8$ .

По рисункам 2.3, 2.4 видно, что в действительности визуальные процессы горения дугового разряда, соответствуют осциллограмме напряжения.

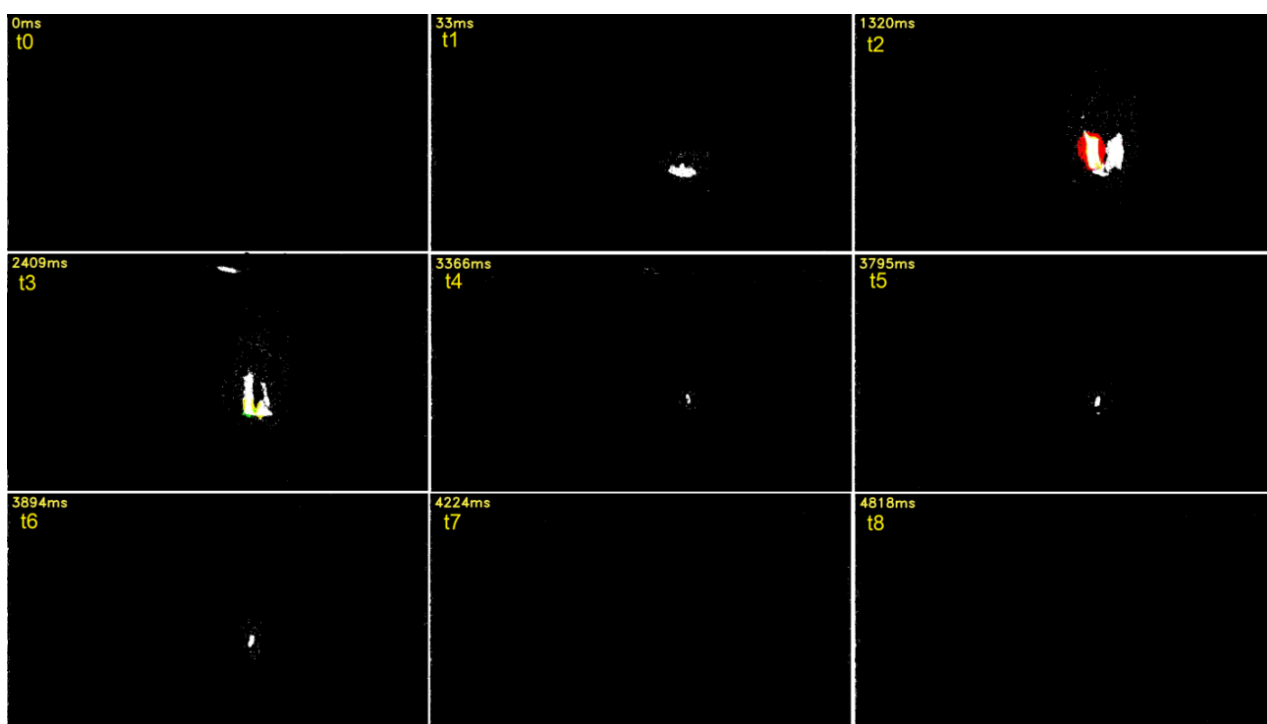


Рисунок 2.3 – Кадры горения дугового разряда в разные промежутки времени



Рисунок 2.4 – Осциллограмма напряжения работы установки

### 2.3 Разработка инфракрасного тепловизора

Следующей задачей, было построение термограммы исходя из видеопотока. Как известно любое физическое тело испускает инфракрасное излучение, интенсивность которого зависит от его температуры [9]. Таким образом, с помощью устройства способного считывать излучения в инфракрасном диапазоне, можно измерять температуру внешних объектов. Так как, инфракрасные тепловизоры, имеют высокую стоимость, в связи с широким температурным диапазоном, было принято решение разработать авторский тепловизор, на основе веб-камеры, работающий в диапазоне, интересным для данной работы. Аналогичное устройство [1] было рассмотрено выше.

Так как большинство современных камер оснащены инфракрасным фильтром, они не способны воспринимать широкий диапазон инфракрасного излучения, было принято решение его удалить. Далее с помощью полученного устройства был проведен ряд экспериментов, где был зафиксирован нагрев поверхности бытовой электрической плиты, результаты которого продемонстрированы на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Кадры инфракрасных излучений от нагрева бытовой плиты

Так, экспериментально было подтверждено, что величина нагрева объекта, напрямую связана с интенсивностью излучений. Следующим шагом, из полученных изображений была построена термограмма, где в зависимости от значения интенсивности пикселя, ему задавалось соответствующее значение цветового спектра. Графа соответствия спектра к значению интенсивности представлена на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Соответствие цветового спектра (сверху) к значениям интенсивности (снизу)

Для реализации алгоритма получения термограмм была использован язык программирования C++ и библиотека с открытым исходным кодом OpenCV в виду широкого инструментария для работы с изображениями. После применения данного алгоритма, были получены термограммы видеопотока нагрева бытовой плиты, продемонстрированные на рисунке 2.7. Где в правой колонке находятся кадры исходного видеопотока, а в левой соответствующие им термограммы.

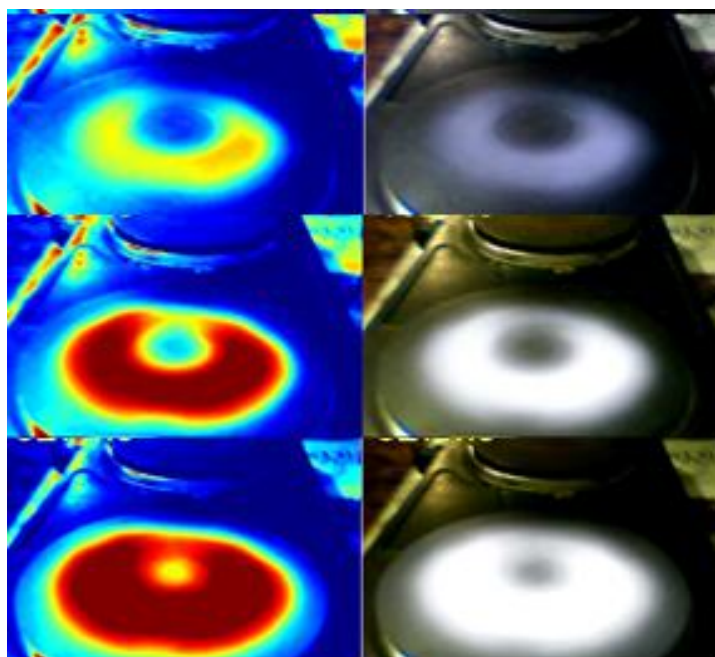


Рисунок 2.7 – Исходные кадры нагрева бытовой плиты (справа).  
Соответствующие термограммы (слева)

Как можно увидеть на рисунке 2.7, интенсивность излучений достигает такого значения, что камера не способна воспринимать большие значения

температуры. Так, было принято решение на оснащение камеры нейтрально-серым фильтром для того, чтобы равномерно понизить интенсивность поступающего света на камеру во всем его спектре. В качестве фильтров были выбраны оптические светофильтры маркировки ND16 и ND64, понижающие интенсивность света в 16 и 64 раза соответственно. Таким образом был увеличен максимальный порог измеряемой температуры. Результаты сравнения термограммы плиты при схожих температурах представлены на рисунке 2.8.

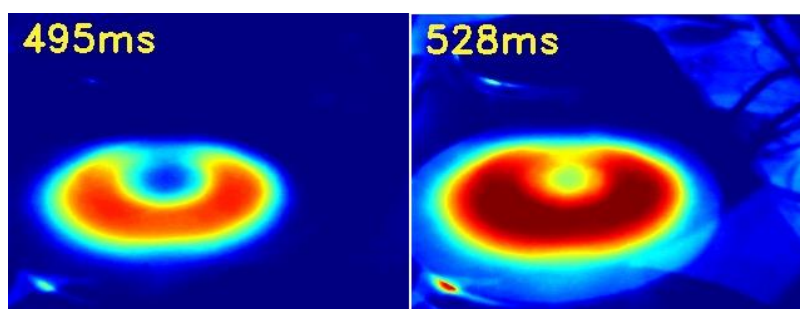


Рисунок 2.8 – (слева) Термограмма с нейтрально-серым фильтром ND64.  
(справа) с нейтрально-серым фильтром ND16

Из полученных выше результатов, видно, что понижение интенсивности света поступающего на матрицу камеры, увеличивает диапазон воспринимаемого инфракрасного излучения.

## 2.4 Разработка структурной схемы

Исходя из результатов экспериментов полученных выше, разработана структурная схема аппаратной части, приведенной на рисунке 2.9, и собран программно-аппаратный комплекс по фиксированию и дальнейшей синхронизации и обработке на компьютере данных видеопотока, осциллографа и пирометра применительно к лабораторной установке. Так же, как и определение температуры электродов при помощи видеоданных.

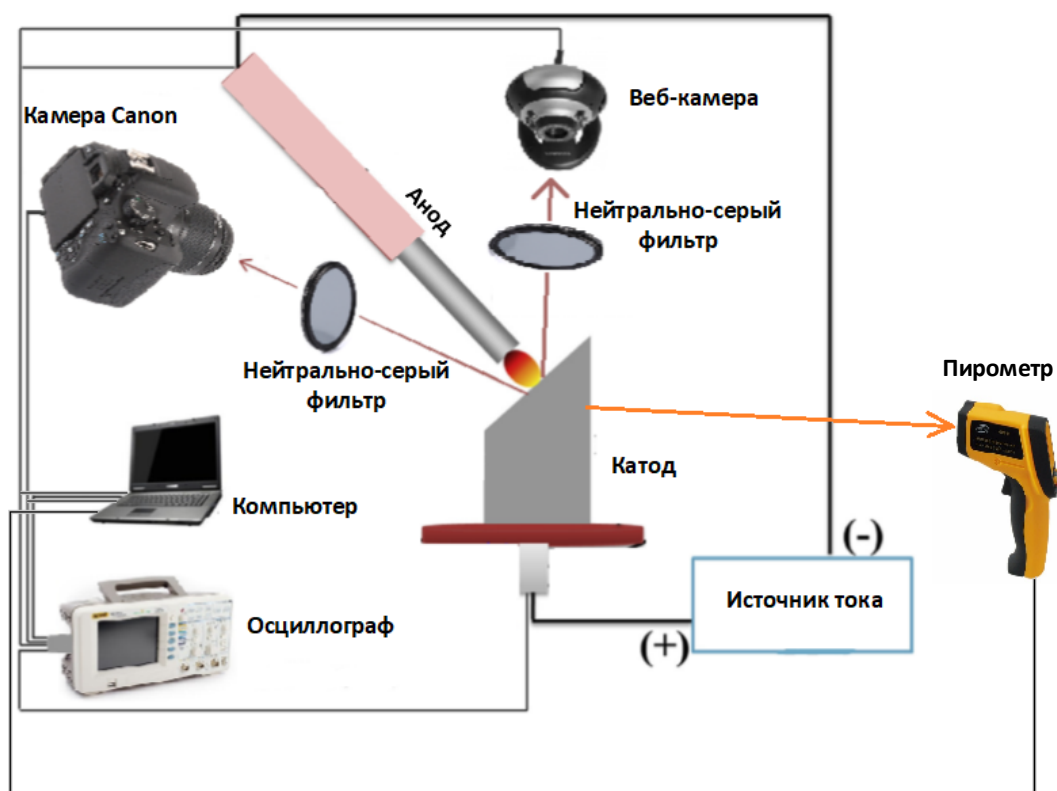


Рисунок 2.9 – Структурная схема комплекса

## 2.5 Исследование влияние внутренних параметров камеры на диапазон измерения температуры

На основе приведенного выше программно-аппаратного комплекса были проведены ряд экспериментов, где с помощью зафиксированной веб-камеры, была проведена съемка процесса горения дуги, кадры которой представлены на рисунке 2.10.

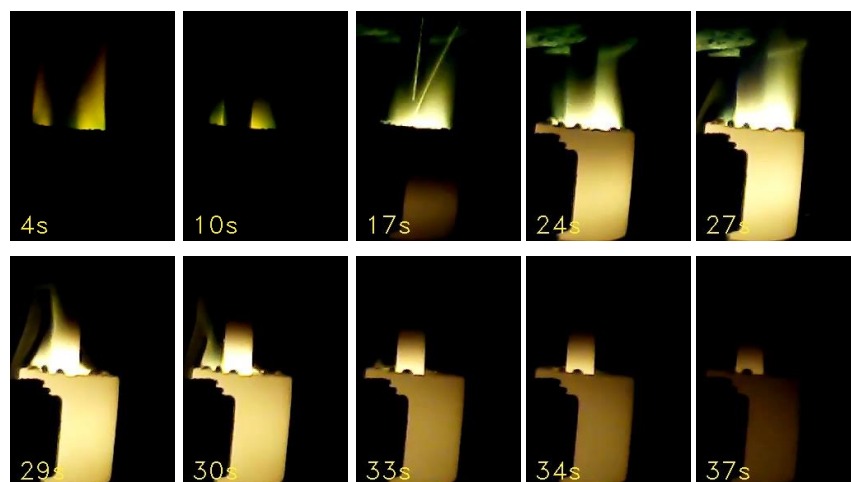


Рисунок 2.10 – Кадры нагрева электродов, полученных с веб-камеры

В виду того, что матрица, данной камеры имеет автоматическую подстройку чувствительности и баланса белого, диапазон интенсивности, воспринимаемой камерой, сильно ограничен. Таким образом, ширина измеряемой температуры с помощью видеопотока так же ограничена. Термограммы полученных изображений представлены на рисунке 2.11.

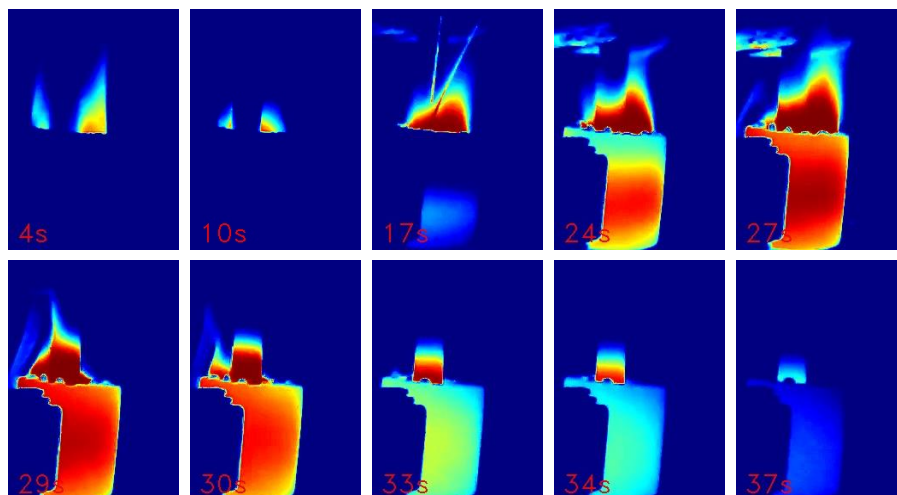


Рисунок 2.11 – Термограммы кадров, полученных с веб-камеры

Как видно на рисунке 2.11, на 29-ой секунде съемки, температура воспринимаемая камерой, достигает максимального значения, соответствующая 1300 град, исходя из графика зависимости температуры от времени, представленного на рисунке 2.12.

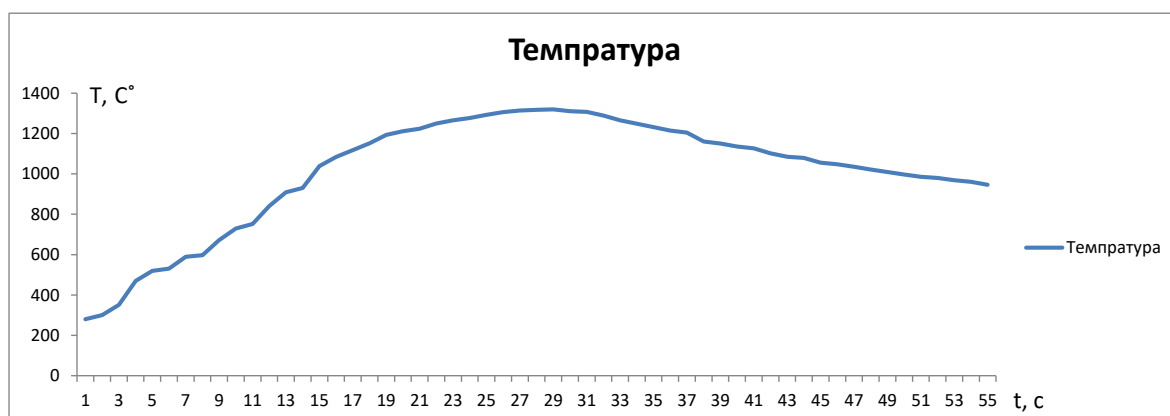


Рисунок 2.12 – График зависимости температуры от времени

Для того, чтобы расширить диапазон воспринимаемой температуры, веб-камера была заменена на цифровую зеркальную камеру Canon EOS 600D,

оснащенную оптическими светофильтрами ND4 и ND16, использованных в предыдущих экспериментах. Преимуществами данной камеры по сравнению с веб-камерой, является возможность фиксирования выдержки, чувствительности и ширины диафрагмы, в то же время уступающая по скорости фиксирования кадров. Так, параметры съемки, были приняты следующими: величина выдержки камеры – 0.1с, размер диафрагмы – f/10, значение светочувствительности в 100 ед. и частота кадров в секунду, равная 1 кадр/с. Кадры, полученные при данных параметрах, имеют высокую детализацию и стабильны на протяжении всего промежутка времени (Рисунок 2.13).

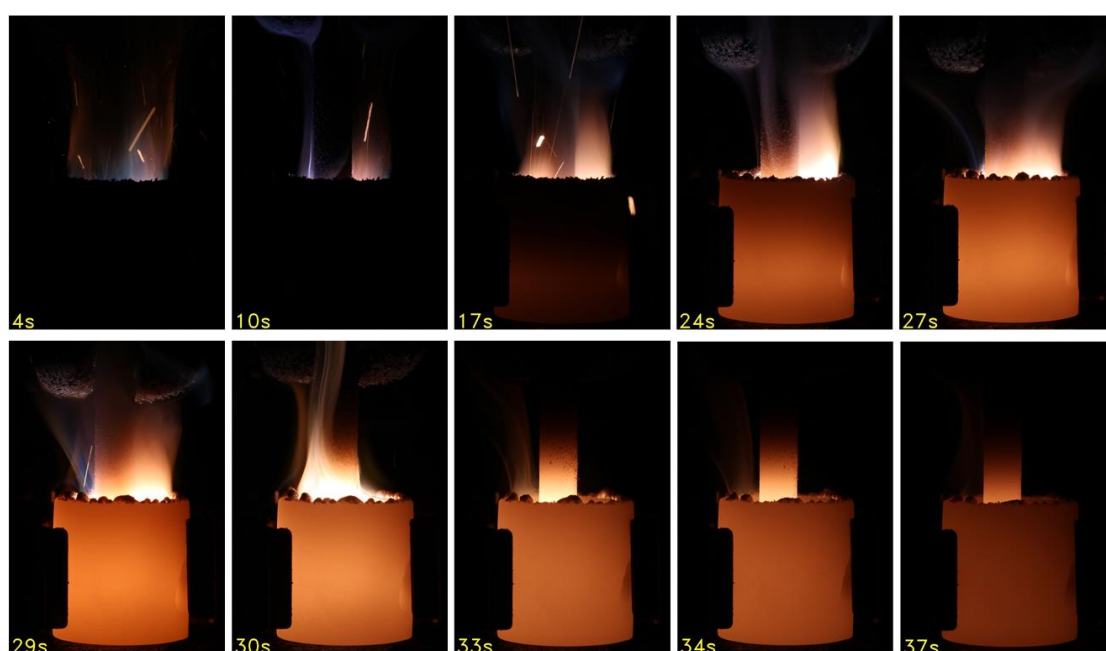


Рисунок 2.13 – Кадры горения плазмы, полученные с цифровой зеркальной камеры

Помимо более стабильных к внешним параметрам кадров, был увеличен диапазон воспринимаемой интенсивности, следовательно и температуры, что видно на термограммах представленных на рисунке 2.14.

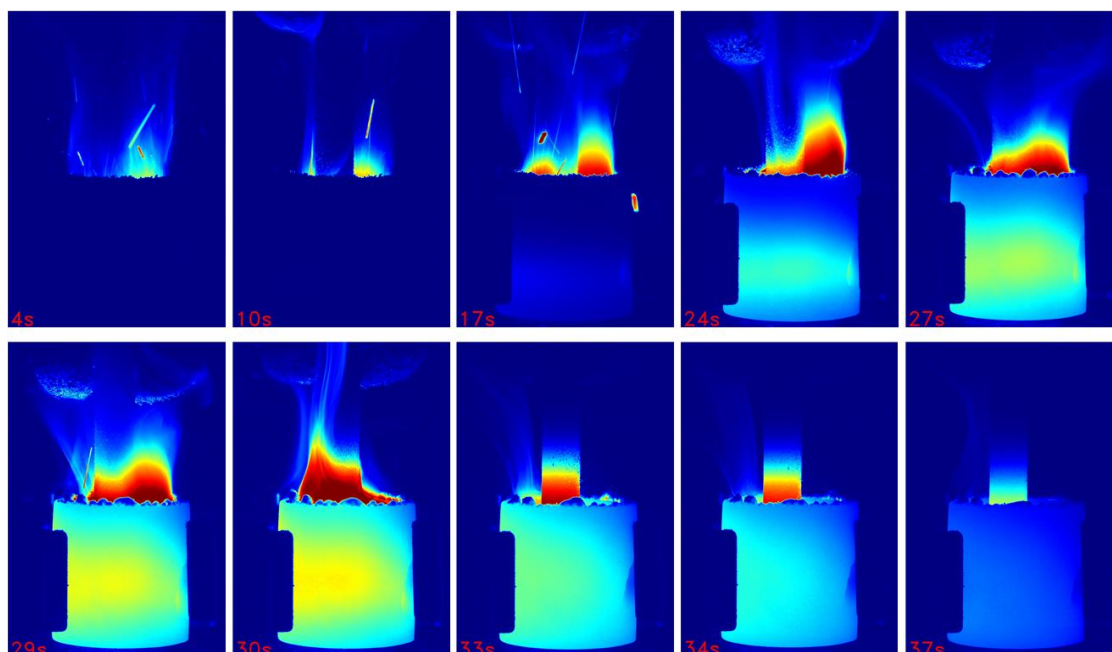


Рисунок 2.14 – Термограммы, полученные с помощью цифровой зеркальной камеры

Как видно, на термограммах, одного и того же процесса продемонстрированных на рисунках 2.11, 2.14. Первые очертания разогретого электрода наблюдаются одинаково, на кадрах полученных с веб-камеры и цифровой зеркальной камеры. В то время как предельное значение температуры на кадрах веб-камеры, достигнута на 29-ой секунде, в отличие от цифровой.

## 2.6 Определение зависимости температуры графитового электрода от интенсивности его излучения

Далее, для того, чтобы проградуировать термограммы, были исследованы зависимости интенсивности от температуры. Так, для того, чтобы определить интенсивность, излучения интересующего объекта, была выделена область интереса на изображении, в данном случае электрод (Рисунок 2.15). На ней была найдена область 3x3 пикселей с максимальной интенсивностью.



Рисунок 2.15 – Выделенная область интереса

Далее, полученные значения были соотнесены с соответствующими значениями температуры во времени (Рисунок 2.16).

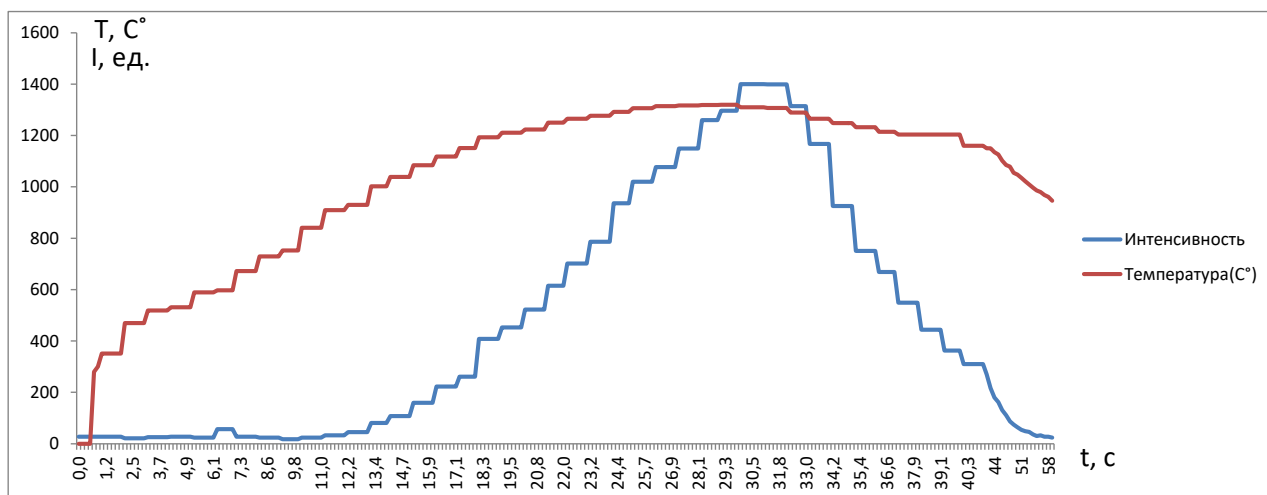


Рисунок 2.16 – Динамика изменения интенсивности и температуры во времени

После проведения, ряда экспериментов, была исследована зависимость интенсивности излучения электрода, от температуры. На рисунке 2.17 представлено облако точек для двух экспериментов. По этим точкам была найдена аппроксимированная функция, что позволяет предположить зависимость интенсивности при больших температур. В то время как, полученные измерения температуры не превышали 1320 С°. График аппроксимированной функции представлен на рисунке 2.18.

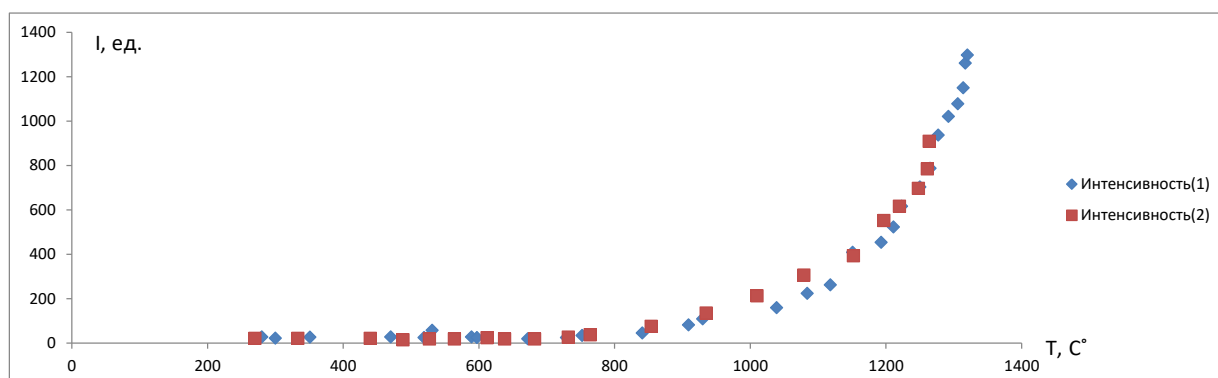


Рисунок 2.17 – Графики зависимости интенсивности излучения от температуры

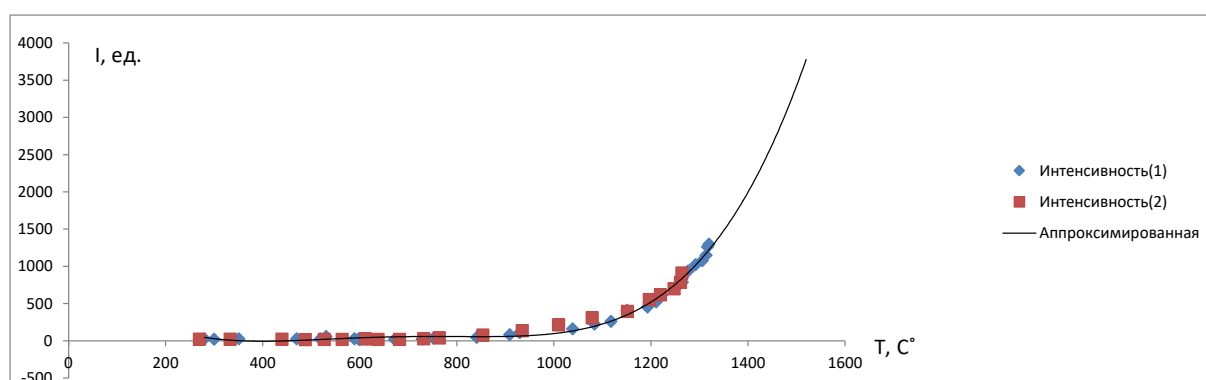


Рисунок 2.18 – Аппроксимированная функция зависимости интенсивности излучения от температуры

Таким, образом, с помощью полученных выше графиков, была составлена шкала зависимости температур от интенсивности, представленная на рисунке 2.19. Где температуры от 1000 до 1300°C были найдены экспериментально, а диапазон выше 1300°C был получен с помощью аппроксимированной функции, имеющий вид:

$$I = (8 * 10^{-9})T^4 - (2 * 10^{-5})T^3 + 0.0205T^2 - 8.1881T + 1151.8, \quad (1)$$

где  $I$  – интенсивность излучения графитового электрода,  $T$  – температура графитового электрода.

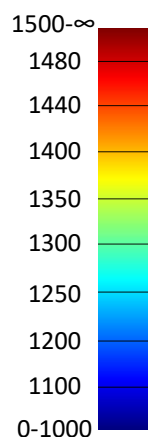


Рисунок 2.19 – Шкала температур

### 3 Исследование параметров работы электродуговой установки

Экспериментальные исследования работы плазменной установки во время синтеза ультрадисперсных материалов, для изучения внешних характеристик установки выполнены с помощью, вышеописанной методики.

#### 3.1 Определение температуры

В ходе проведения экспериментальных исследований электродуговой установки, на дно тигля была помещена смесь углерода с какой-либо рудой, массой  $m_{\text{пор}}$ . С образованием разрядного промежутка между анодом и смесью исходных реагентов, масса анода –  $m_{\text{анода}}$  и катода –  $m_{\text{кат}}$  уменьшаются. Потеря массы, обусловлена сгоранием прилегающих частей анода и катода к разрядному промежутку. Результаты экспериментов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты экспериментов

| № | $t_{\text{факт}}$ ,<br>сек | I, А | $m_{\text{пор}}$ , Г | $m_{\text{анода}}$ , Г.<br>до/после | $m_{\text{кат}}$ , Г.<br>до/после | $T_{\text{кат}}$ ,<br>°С |
|---|----------------------------|------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 30                         | 165  | 0.87                 | 8.36/7.01                           | 21.44/21.29                       | 1250                     |
| 2 | 36                         | 165  | 0,41                 | 6.65/4.87                           | 21.00/20.74                       | 1500                     |

Процесс горения дугового разряда был снят на цифровую зеркальную камеру Canon EOS 600d, характеристики и настройки которого представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики и настройки камеры Canon EOS 600d

| Число<br>мегапикселей | Разрешение | Выдержка,<br>сек | Частота<br>кадров | ISO | Диафрагма |
|-----------------------|------------|------------------|-------------------|-----|-----------|
| 8 Мп                  | 2304x3456  | 0.01             | 1 кадр/с          | 100 | F10       |

Далее, полученные изображения были обработаны с помощью алгоритма построения термограмм, описанного выше. После, термограммы были сопоставлены с полученной шкалой температур и вычислена приблизительная температура и область нагрева электродов (Рисунок 3.1). Таким же образом было исследовано изменение температуры электродов в динамике, ключевые кадры термограмм представлены на рисунке 3.2, а все кадры эксперимента и их термограммы представлены в приложении А.

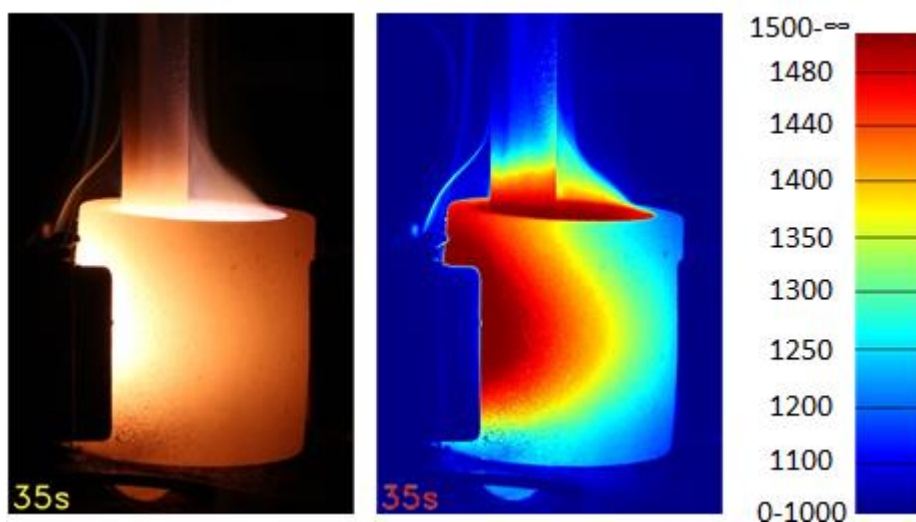


Рисунок 3.1 – Сопоставление температурной шкалы с кадрами другого эксперимента

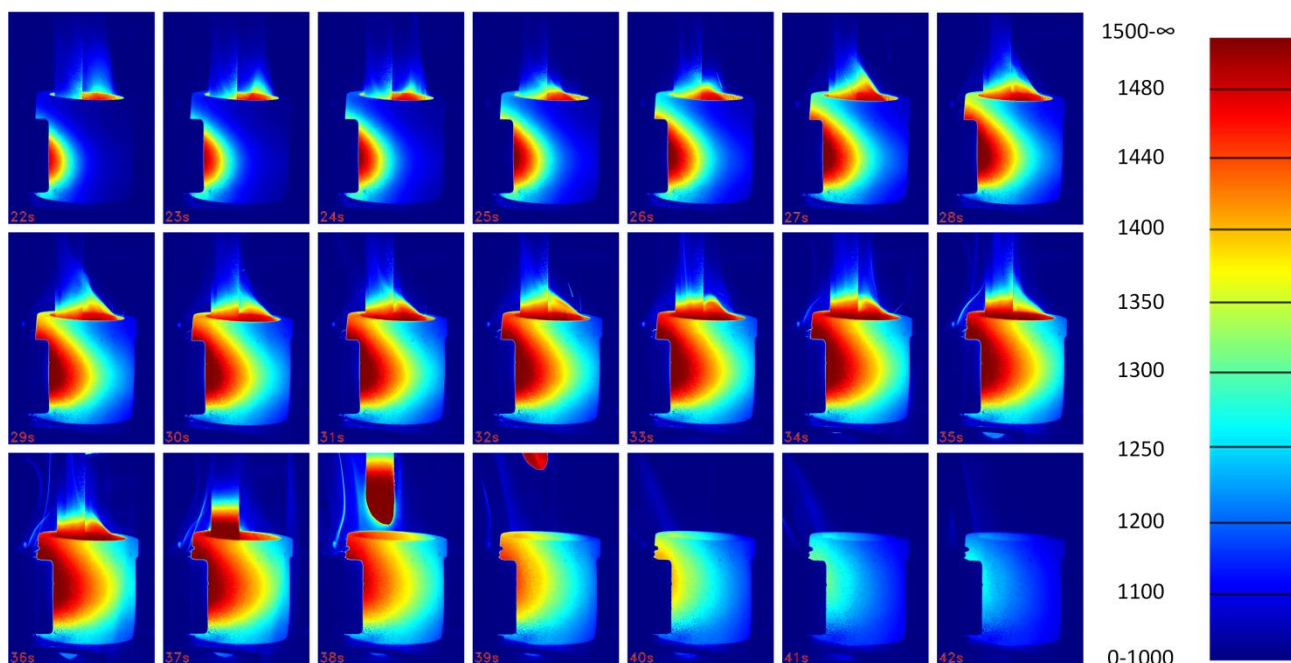


Рисунок 3.2 – Ключевые термограммы процесса нагрева электродов, во время горения дугового разряда

Полученные термограммы в совокупности с данными с осциллографа позволят как внести полезные корректировки в работу установки, так и получить большее понимание в исследовании поведения и влияния плазмы в синтезе ультрадисперсных материалов. Например, измерение коэффициента полезного действия установки, энергию и температуру плазмы [14], где последние два пункта осуществляются более сложными и дорогостоящими спектроскопическими методами, особенно в воздушном пространстве [15].

### 3.2 Определение энергетических затрат работы плазменной установки

Для исследования энергетических потерь во время работы плазменной установки построены графики затраченной энергии исходя из вольт-амперных характеристик полученных при помощи осциллографа, продемонстрированных на рисунке 3.3.

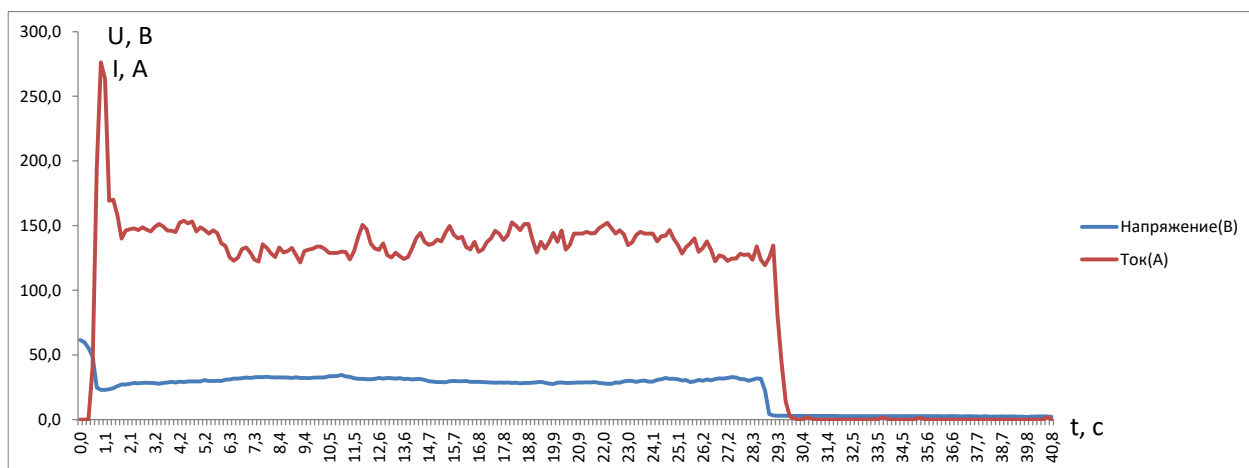


Рисунок 3.3 – Вольт-амперные характеристики. Сила тока – красный, напряжение – синий

Затраченная энергия была посчитана по формулам:

$$P = I \cdot U, \quad (2)$$

где,  $P$  – электрическая мощность,  $I$  – сила тока и  $U$  – напряжение.

$$W = \int_{t_{\text{начало}}}^{t_{\text{конец}}} P, \quad (3)$$

где,  $W$  – электрическая энергия,  $P$  – электрическая мощность,  $t_{\text{начало}}$  – время начала процесса,  $t_{\text{конец}}$  – время окончания процесса.

Исходя из полученных значений, был построен график затраченной электрической энергии во времени. И далее соотнесен с графиком энергии, затраченной на нагрев графитового тигля, массой 21г.

Энергия, затраченная на нагрев, посчитана следующим образом:

$$Q = \int_{T_{\text{начало}}}^{T_{\text{конец}}} c_{\text{графит}} m_{\text{тигель}}, \quad (4)$$

где,  $Q$  – тепловая энергия,  $c_{\text{графит}}$  – удельная теплоемкость графита,  $m_{\text{тигель}}$  – масса тигля,  $T_{\text{начало}}$  – температура тигля в начале процесса и  $T_{\text{конец}}$  – температура тигля в конце процесса.

Сравнение двух графиков электрической и тепловой энергии изображено на рисунке 3.4.

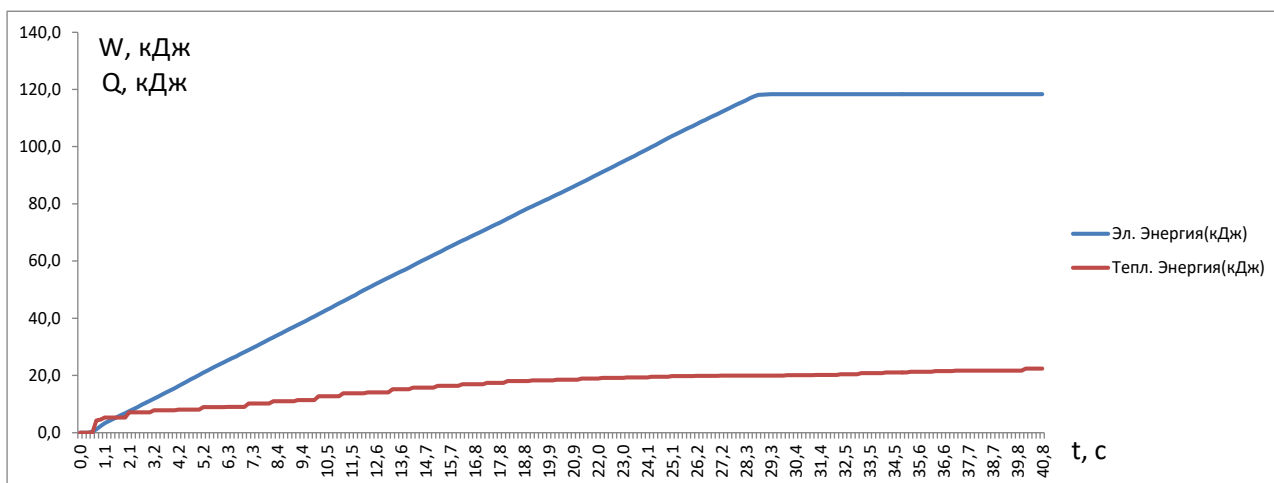


Рисунок 3.4 – Графики затраченной энергии. Тепловая энергия – красный, электрическая энергия – синий

Так, исходя из полученных выше графиков, видно, что общее количество затраченной энергии равно 118 кДж, а энергия ушедшая в нагрев равна 25,6 кДж.

В дальнейшем, исходя из информации о распределении температуры на поверхности электродов и мировых исследованиях температурного рассеивания в зависимости от расстояния от разрядного промежутка, таких как [16]. Будут исследованы возможности измерения температуры плазмы с помощью разработанной в данной работе методике.

### Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие основные результаты.

1. Разработана и экспериментально подтверждена методика измерения температуры нагрева электродов с помощью видеопотока и выбрано оборудование, для его фиксирования.
2. Разработан алгоритм обработки потока изображений и построения термограмм.
3. Определены тепловые и электрические энергетические затраты работы установки.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Цель экономического раздела – провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

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

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В ходе выпускной квалификационной работы были проведены исследования потребности рынка в разработке программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации для исследования динамики горения дугового разряда постоянного тока.

Для определения потенциальных потребителей требуется определить целевой рынок и произвести его сегментирование. В данном случае целевым рынком являются:

- Исследователи в сфере фиксирования быстропротекающих процессов
- Разработчики плазменно-дуговых установок.

Потенциальными потребителями являются разработчики электро-дуговых установок.

#### **4.1.2 SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в

составлении матрицы SWOT. Составленная матрица SWOT приведена таблице 4.1.

Таблица 4.1 – 1-й этап SWOT-анализа

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                              | <b>Сильные стороны:</b><br>С1. Более низкая стоимость по сравнению с другими технологиями;<br>С2. Алгоритм может быть подкорректирован в зависимости от условий производства;<br>С3. Простота эксплуатации;<br>С4. Охват нескольких сегментов рынка. | <b>Слабые стороны:</b><br>Сл1: Отсутствие фундаментальных знаний в плазменной химии;<br>Сл2: Медленная скорость работы комплекса;<br>Сл3: Отсутствие типовых решений. |
| <b>Возможности:</b><br>В1. Применение в других областях;<br>В2. Исследования в области плазменной химии;<br>В3. Узкая направленность разработок конкурентов. |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
| <b>Угрозы:</b><br>У1. Отсутствие спроса;<br>У2. Высокие требования на внедрение;<br>У3. Появление новых технологий.                                          |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |

Второй этап – обнаружение соответствий сильных и слабых сторон разработанного проекта условиям окружающей среды. Знак «+» - сильное соответствие, «-» - слабое соответствие, «0» - в случае сомнений.

Интерактивные матрицы приведены в таблицах 4.2-4.5.

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

| Сильные стороны        |    |    |    |    |    |
|------------------------|----|----|----|----|----|
| Возможности<br>проекта |    | С1 | С2 | С3 | С4 |
|                        | В1 | 0  | +  | -  | -  |
|                        | В2 | -  | +  | +  | -  |
|                        | В3 | +  | 0  | -  | +  |

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

| Слабые стороны         |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности<br>проекта |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | В1 | -   | -   | -   |
|                        | В2 | +   | 0   | +   |
|                        | В3 | -   | -   | +   |

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

| Сильные стороны |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|
| Угрозы          |    | С1 | С2 | С3 | С4 |
|                 | У1 | +  | -  | -  | +  |
|                 | У2 | -  | +  | +  | -  |
|                 | У3 | -  | +  | -  | -  |

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

| Слабые стороны |    |     |     |     |
|----------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы         |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                | У1 | +   | +   | -   |
|                | У2 | +   | +   | -   |
|                | У3 | -   | 0   | +   |

На третьем этапе должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 4.6 – Матрица SWOT

|                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                             | <p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Более низкая стоимость по сравнению с другими технологиями;<br/> С2. Алгоритм может быть подкорректирован в зависимости от условий производства;<br/> С3. Простота эксплуатации;<br/> С4. Охват нескольких сегментов рынка.</p>                                             | <p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1: Отсутствие фундаментальных знаний в плазменной химии;<br/> Сл2: Медленная скорость работы комплекса;<br/> Сл3: Отсутствие типовых решений.</p>                                                                                                                   |
| <p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Применение в других областях;<br/> В2. Исследования в области плазменной химии;<br/> В3. Узкая направленность разработок конкурентов.</p> | <p>В силу своей гибкости и простоты, комплекс применим в различных областях фиксирования процессов<br/> А в связи с узкой направленностью разработок, устройство широкого профиля имеет высокую конкурентоспособность</p>                                                                                         | <p>Развитие области плазменной химии увеличит спрос продуктов фиксирования реакций, а отсутствие типовых решений лишь подчеркивает актуальность разработки<br/> Узкая направленность разработок является причиной отсутствия типовых решений, что вызывает необходимость универсального устройства</p> |
| <p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса;<br/> У2. Высокие требования на внедрение;<br/> У3. Появление новых технологий.</p>                                          | <p>Благодаря низкой стоимости и простоте конструкции, несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, разрабатываемая система может оказаться для предприятия более выгодной. Также, за счет раннего выхода на рынок, есть возможность уверенно закрепиться и захватить влияние в различных сегментах.</p> | <p>Так как данные технологии еще не имеют повсеместного распространения и находятся на стадии исследований, но уже сейчас используются для решения проблем, существует вероятность охвата других сегментов рынка, а новые технологии будут находиться только на стадии исследования.</p>               |

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень работ по проекту

| Основные этапы                                       | № раб | Наименование работы                                                                                                    | Исполнители работы    |
|------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Разработка технического задания                      | 1     | Составление и утверждение темы бакалаврской работы                                                                     | Руководитель, Студент |
| Выбор направления исследования                       | 2     | Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы                                                  | Руководитель, Студент |
|                                                      | 3     | Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы                                                               | Руководитель, Студент |
|                                                      | 4     | Анализ предметной области                                                                                              | Студент               |
| Разработка технической документации и проектирование | 5     | Написание программы предварительной обработки изображения                                                              | Студент               |
|                                                      | 6     | Подбор инструментов видео-фиксирования экспериментов                                                                   | Студент               |
|                                                      | 7     | Построение термограммы нагретого объекта                                                                               | Студент               |
|                                                      | 8     | Сбор стереопары, синхронизация и ректификация полученных изображений                                                   | Студент               |
|                                                      | 9     | Разработка программы построения карты глубины с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений | Студент               |
| Оформление отчета по работе                          | 10    | Согласование выполненной работы с                                                                                      | Руководитель, Студент |

|  |    |                                                                                     |         |
|--|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  |    | научным руководителем                                                               |         |
|  | 11 | Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность) | Студент |
|  | 12 | Подведение итогов, оформление работы                                                | Студент |

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

- Ожидаемое значение трудоемкости,
- Продолжительность каждой работы,
- Продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях,
- Коэффициент календарности.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  осуществляется согласно формуле:

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

где  $t_{min}$  – минимально возможная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дни,

$t_{max}$  – максимально возможная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дни,

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни,

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

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году,

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году,

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно,  $k_{\text{кал}} = 1,22$ .

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 4.8. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 3.1.

Таблица 4.8 – Временные показатели осуществления разработки

| №  | Наименование работы                                                                                                  | Исполнители<br>работы | Трудоемкость<br>работ, чел.-дни |           |          | Длительность<br>работ, дни |       |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|----------|----------------------------|-------|
|    |                                                                                                                      |                       | $t_{min}$                       | $t_{max}$ | $t_{ож}$ | $T_p$                      | $T_k$ |
| 1  | Составление и утверждение темы бакалаврской работы                                                                   | Студент               | 5                               | 8         | 6,2      | 3,1                        | 5     |
|    |                                                                                                                      | Руководитель          | 3                               | 6         | 4,2      | 2,1                        | 4     |
| 2  | Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы                                                | Студент               | 3                               | 5         | 3,8      | 3,8                        | 6     |
| 3  | Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы                                                             | Студент               | 7                               | 12        | 9        | 9                          | 11    |
| 4  | Анализ предметной области                                                                                            | Студент               | 7                               | 15        | 10,2     | 10                         | 12    |
| 5  | Написание программы предварительной обработки изображений                                                            | Студент               | 15                              | 25        | 19       | 19                         | 23    |
| 6  | Подбор инструментов видео-фиксирования экспериментов                                                                 | Студент               | 4                               | 8         | 5,6      | 6                          | 7     |
| 7  | Построение термограммы нагретого объекта                                                                             | Студент               | 5                               | 12        | 7,8      | 8                          | 10    |
| 8  | Сбор стереопары, синхронизация и ректификация полученных изображений                                                 | Студент               | 8                               | 15        | 10,8     | 11                         | 13    |
| 9  | Разработка программы построения термограммы с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений | Студент               | 16                              | 20        | 17,6     | 17,6                       | 22    |
| 10 | Согласование выполненной работы с научным руководителем                                                              | Руководитель          | 1                               | 3         | 1,8      | 1                          | 1     |
|    |                                                                                                                      | Студент               | 1                               | 3         | 1,8      | 1                          | 1     |
| 11 | Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)                                  | Студент               | 5                               | 7         | 5,8      | 6                          | 7     |
| 12 | Подведение итогов, оформление работы                                                                                 | Студент               | 3                               | 4         | 3,4      | 3                          | 4     |

Таблица 4.9 – Диаграмма Гантта

| №  | Наименование работы                                                                                                  | Исполнители  | $T_{\text{ю.кал.}}$<br>дн. | Продолжительность выполнения работы |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|---|
|    |                                                                                                                      |              |                            | Февраль                             |   |   | Март |   |   | Апрель |   |   | Май |   |   | Июнь |   |   |
|    |                                                                                                                      |              |                            | 1                                   | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 |
| 1  | Составление и утверждение темы бакалаврской работы                                                                   | Студент      | 5                          |                                     | ■ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
|    |                                                                                                                      | Руководитель | 4                          |                                     | ■ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 2  | Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы                                                | Студент      | 6                          |                                     | ■ |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 3  | Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы                                                             | Студент      | 11                         |                                     |   | ■ |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 4  | Анализ предметной области                                                                                            | Студент      | 12                         |                                     |   |   | ■    |   |   |        |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 5  | Написание программы предварительной обработки изображений                                                            | Студент      | 23                         |                                     |   |   |      | ■ | ■ | ■      |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 6  | Подбор инструментов видео-фиксирования экспериментов                                                                 | Студент      | 7                          |                                     |   |   |      |   |   | ■      |   |   |     |   |   |      |   |   |
| 7  | Построение термограммы нагретого объекта                                                                             | Студент      | 10                         |                                     |   |   |      |   |   |        | ■ |   |     |   |   |      |   |   |
| 8  | Сбор стереопары, синхронизация и ректификация полученных изображений                                                 | Студент      | 13                         |                                     |   |   |      |   |   |        |   | ■ | ■   |   |   |      |   |   |
| 9  | Разработка программы построения термограммы с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений | Студент      | 22                         |                                     |   |   |      |   |   |        |   |   | ■   | ■ | ■ |      |   |   |
| 10 | Согласование выполненной работы с научным руководителем                                                              | Студент      | 1                          |                                     |   |   |      |   |   |        |   |   |     | ■ |   |      |   |   |
|    |                                                                                                                      | Руководитель | 1                          |                                     |   |   |      |   |   |        |   |   |     | ■ |   |      |   |   |
| 11 | Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)                                  | Студент      | 7                          |                                     |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   | ■ |      |   |   |
| 12 | Подведение итогов, оформление работы                                                                                 | Студент      | 4                          |                                     |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   | ■    |   |   |

#### 4.2.4 Бюджет научно-технической разработки

##### Расчет материальных затрат

Материальные затраты — это затраты на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Все материальные затраты на создание устройства по построению карты глубины приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

| №     | Название                               | Стоимость, руб       |
|-------|----------------------------------------|----------------------|
| 1     | Веб-камера defender c-110              | $2 \cdot 600 = 1200$ |
| 2     | Нейтрально-серые фильтры<br>ND4 и ND16 | $820 + 790 = 1610$   |
| Итого |                                        | 2810                 |

##### Расчет затрат на специальное оборудование

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 40000 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 6 месяцев. Тогда:

норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33 \%, \quad (9)$$

годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ руб.}, \quad (10)$$

ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.}, \quad (11)$$

итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1100 \cdot 6 = 6600 \text{ руб.} \quad (12)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 6600 руб.

### **Основная заработная плата исполнителей темы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств.

В таблице 4.11 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени, и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

| Показатели рабочего времени                          | Дни |
|------------------------------------------------------|-----|
| Календарные дни                                      | 365 |
| Нерабочие дни (праздники/выходные)                   | 66  |
| Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни) | 56  |
| Действительный годовой фонд рабочего времени         | 243 |

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1441,76 \text{ руб.}, \quad (13)$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{студ}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{1906 \cdot 10,4}{243} = 81,57 \text{ руб.} \quad (14)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot Т_{\text{р}} \cdot (1 + К_{\text{пр}} + К_{\text{д}}) \cdot К_{\text{р}}, \quad (15)$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.,

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$K_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент,

$K_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок,

$K_p$  – районный коэффициент (1,3 в Томске).

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители          | $Z_{\text{дн}}$ , руб. | $K_{\text{пр}}$ | $K_{\text{д}}$ | $K_p$ | $T_p$ | $Z_{\text{осн}}$ , руб. |
|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|-------|-------|-------------------------|
| Студент              | 81,57                  | 0,3             | 0,2            | 1,3   | 90    | 14315,53                |
| Научный руководитель | 1441,76                | 0,3             | 0,2            | 1,3   | 4     | 11245,72                |
| Итого                |                        |                 |                |       |       | 25561,25                |

#### Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (16)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительная заработная плата,

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Таблица 4.13 – Расчет дополнительной заработной платы

| Исполнители          | $k_{\text{доп}}$ | $Z_{\text{осн}}$ , руб. | $Z_{\text{доп}}$ , руб. |
|----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Студент              | 0,12             | 14315,53                | 1717,86                 |
| Научный руководитель | 0,12             | 11245,72                | 1349,48                 |

|       |         |
|-------|---------|
| Итого | 3067,34 |
|-------|---------|

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются как:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (17)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент внебюджетные фонды; в 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%,

$З_{осн}$  – основная заработная плата,

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Таблица 4.14 – Расчет страховых отчислений

| Исполнители          | $k_{внеб}$ | $З_{доп}$ | $З_{осн}$ | $З_{внеб}$ |
|----------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Студент              | 0,30       | 1717,86   | 14315,53  | 4810,02    |
| Научный руководитель | 0,30       | 1349,48   | 11245,72  | 3778,56    |
| Итого                |            |           |           | 8588,58    |

### Накладные расходы

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

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (18)$$

где  $k_{накл}$  – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 4.15 – Расчет накладных расходов

| Статьи затрат                               | Сумма, руб. |
|---------------------------------------------|-------------|
| Материальные затраты                        | 2810        |
| Затраты на амортизацию                      | 6600        |
| Затраты на основную заработную плату        | 25561,25    |
| Затраты на дополнительную заработную плату  | 3067,34     |
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 8588,58     |
| Накладные расходы                           | 7460,35     |

### **Формирование бюджета затрат проекта разработки**

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Бюджет затрат на разработку

| Наименование                                                              | Сумма, руб. |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Материальные затраты                                                      | 2810        |
| Затраты на амортизацию                                                    | 6600        |
| Затраты на основную заработную плату студенту                             | 14315,53    |
| Затраты на дополнительную заработную плату студенту                       | 1717,86     |
| Затраты на основную заработную плату научному руководителю                | 11245,72    |
| Затраты на дополнительную заработную плату студенту научному руководителю | 1349,48     |

|                                             |          |
|---------------------------------------------|----------|
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 8588,58  |
| Накладные расходы                           | 7014,75  |
| Общий бюджет                                | 53641,92 |

#### 4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

Где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Аналоги для построения термограмм являются уже полностью готовыми устройствами. Стоимость разработки устройства Bosch GTC 400 C, равняется 64000 руб, RGK TL-80 70000 руб, у студента с руководителем 54000 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{GTC 400 C}} = \frac{64000}{70000} = 0,91$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{RGK TL-80}} = \frac{70000}{70000} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{пр.студент}} = \frac{54000}{70000} = 0,77$$

В таблице 4.17 приведена сравнительна характеристика.

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии                                             | Вес. коэф. | GTC 400 C | RGK TL-80 | Разработк а студента |
|------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|----------------------|
| 1. Низкая требовательность к вычислительным ресурсам | 0,25       | 4         | 4         | 4                    |
| 2. Настройка под условия окружающей                  | 0,25       | 4         | 4         | 5                    |

|                          |      |    |    |    |
|--------------------------|------|----|----|----|
| среды                    |      |    |    |    |
| 3. Мобильность           | 0,15 | 5  | 5  | 4  |
| 4. Простота эксплуатации | 0,1  | 4  | 4  | 5  |
| 5. Надежность            | 0,15 | 4  | 5  | 4  |
| 6. Интегрируемость       | 0,1  | 3  | 3  | 5  |
| Итого                    | 1    | 24 | 25 | 25 |

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:  $I_{\text{студент}} = 4,15$ ;  $I_{GTC\ 400\ C} = 4,05$ ;  $I_{RGK\ TL-80} = 4,2$ .

Рассчитаем интегральные показатели эффективности:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4,15}{0,77} = 5,38$$

$$I_{GTC\ 400\ C} = \frac{4,05}{0,91} = 4,45$$

$$I_{RGK\ TL-80} = \frac{4,2}{1} = 4,2$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{5,38}{5,38} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,45}{5,38} = 0,82$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{4,2}{5,38} = 0,78$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

| № | Показатели                                              | Студен<br>т | GTC<br>400 C | RGK<br>TL-80 |
|---|---------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,77        | 0,91         | 1            |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,15        | 4,05         | 4,2          |
| 3 | Интегральный показатель эффективности                   | 5,38        | 4,45         | 4,2          |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 1           | 0,82         | 0,78         |

## **Выводы**

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

- 1) SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта;
- 2) была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы;
- 3) затраты на разработку системы составили 53641,92руб.;
- 4) проведена оценка ресурсоэффективности проекта.

## **5 Социальная ответственность**

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации для исследования динамики горения дугового разряда постоянного тока.

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Так же рассмотрен комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые необходимые к выполнению в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Спроектированный комплекс позволяет выполнять наблюдение и исследование процесса горения дугового разряда постоянного тока. Понимание процесса возникновения и поведения дуги важно в процессе синтеза различных функциональных материалов, так как от повторяемости эксперимента зависит стабильность синтеза материалов.

Были выделены и рассмотрены такие факторы, воздействующие на разработчика алгоритма, как: освещение, микроклимат, электромагнитное излучение, шум, нервно-психические перегрузки. К опасным факторам при работе с персональным компьютером можно отнести возможность поражения

разработчика электрическим током. Рассматриваются вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

Программные продукты не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием персональных компьютеров, что оказывает негативное влияние на литосферу при утилизации ПК.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Работодатели при установке ПК обязаны выполнить следующий основной перечень требований:

- к помещению;
- к освещению;
- к организации медицинского обследования пользователей.

Немаловажным фактором при выборе компьютеров для сотрудников является возможность конструкции компьютера изменять положение ПК в различных плоскостях (горизонтальные или вертикальные), с возможной устойчивой фиксацией в положении, которая удобна пользователю. Экран монитора должен содержать регулировку яркость и контрастности, что каждый работник мог установить нужный режим, которые будет соответствовать чувствительности глаз.

Устройство рабочего стола должна быть использовано для оптимального размещения используемого оборудования. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так что бы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления.

На рисунке 5.1 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

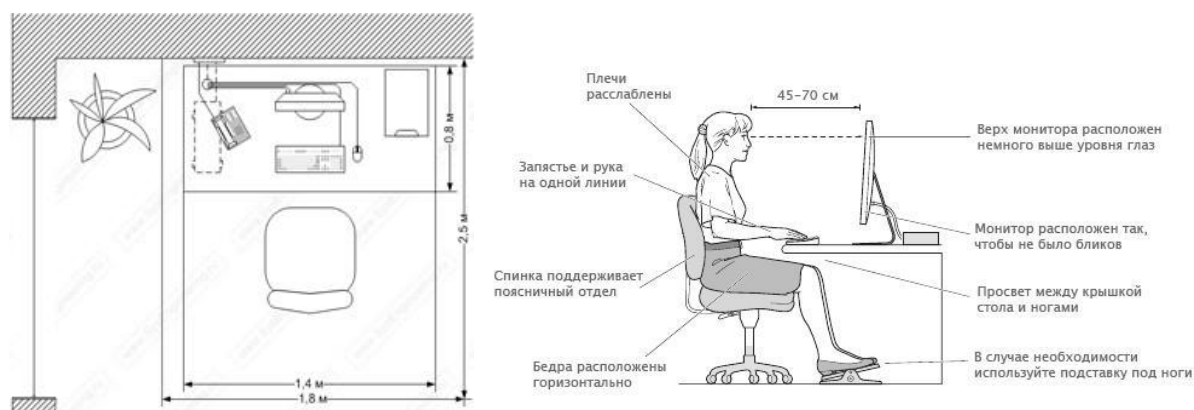


Рисунок 5.1 – Схема рабочего места (вид сверху и сбоку)

Согласно 212 статье ТК РФ [24] работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда. В данный ряд входит обеспечение соответствия условий рабочих мест и режима работы требованиям норм охраны труда, проведение медицинских осмотров, организация проведения медицинских осмотров, установление режима труда и отдыха в соответствии с законодательством и т.д.

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [25] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации процесса горения дугового разряда.

Таблица 5.1 – Вредные и опасные факторы

| Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 |                            | Нормативные документы         |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Вредные                       | Повышенный уровень шума    | СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] |
|                               | Недостаточная освещенность | СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] |

|         |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | рабочей зоны                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|         | Отклонения параметров микроклимата                       | СанПиН 2.2.4.548-96 [20]                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|         | Нервно-психические перегрузки                            | ТОИ Р-45-084-01 [21]                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Опасные | Электрический ток, в том числе статическое электричество | <p>«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. [22]</p> <p>«Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. [23]</p> |

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1 Повышенный уровень шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

| Уровни звукового давления (дБ), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц) |    |     |     |     |      |      |      |      | Уровни звука в дБА |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|
| 31,5                                                                                       | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                    |
| 86                                                                                         | 71 | 61  | 54  | 49  | 45   | 42   | 40   | 38   | 50                 |

### 5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В данном случае к негативным факторам относятся повышенные уровни излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы.

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

|                                                |                              |
|------------------------------------------------|------------------------------|
| Освещенность на рабочем столе                  | 300-500 лк                   |
| Освещенность на экране ПЭВМ                    | Не выше 300 лк               |
| Блики на экране                                | Не выше 40 кд/м <sup>2</sup> |
| Прямая блескость источника света               | 200 кд/м <sup>2</sup>        |
| Показатель ослепленности                       | Не более 20                  |
| Показатель дискомфорта                         | Не более 15                  |
| Отношение яркости между рабочими поверхностями | 3:1 - 5:1<br>10:1            |
| Коэффициент пульсации                          | Не более 5 %                 |

### 5.2.3 Отклонения параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с ВДТ и ПЭВМ для категории работы 1б приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96 [11]).

| Период года | Категория работ по уровню эн. затрат | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Отн. влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
|-------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|

|          |                         |         |         |         |     |
|----------|-------------------------|---------|---------|---------|-----|
| Холодный | 16<br>(140 - 174)<br>Вт | 21 - 23 | 20 - 24 | 60 - 40 | 0.1 |
| Теплый   |                         | 22 - 24 | 21 - 25 | 60 - 40 | 0.1 |

#### 5.2.4 Нервно-психические перегрузки

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 5.5 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 5.5 – Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

|                         | Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ |                             |                 | Суммарное время регламентированных  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Категория работы с ПЭВМ | группа А, количество знаков                              | группа Б, количество знаков | группа В, часов | перерывов при 8-часовой смене, мин. |
| I                       | до 20 000                                                | до 15 000                   | до 2            | 50                                  |
| II                      | до 40 000                                                | до 30 000                   | до 4            | 70                                  |
| III                     | до 60 000                                                | до 40 000                   | до 6            | 90                                  |

В данном случае уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере согласно ТОО Р-45-084-01 [19] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

#### **5.2.5 Статическое электричество**

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

#### **5.2.6 Электрический ток**

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Возникновение пожара может привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81 [22].

Во избежание смерти и других негативных эффектов необходимо соблюдать правил пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6 [20];
- Межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. №3 [21].

Согласно им:

- электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;
- все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);
- при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на электрооборудовании влажными руками;
- вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;

- выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;
- перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний;

### **5.3 Экологическая безопасность**

Для разработки системы построения карт глубины необходим компьютер, следовательно, в нашем случае воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера. ПК может нагреваться, а также быть источником электромагнитного и ионизирующего излучения, а также шума. Для защиты здоровья сотрудников, работающих с программным обеспечением, рекомендуется соблюдать необходимую дистанцию при работе с компьютером (от 0.5 до 1 м), а также использовать эффективные охлаждающие системы и наиболее современное и эффективное оборудование.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» [25] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению

Правительства РФ № 340 от 2002 г. [26], могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» [27]

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Необходимо отметить, что в целом при работе с компьютером существенного загрязнения окружающей среды не происходит и вредные выбросы не сравнимы с производственными.

Также существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии ртути в их составе. Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при проектировании алгоритма является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;

- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, иметь средства связи и знать номера экстренных служб.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-ABCE);
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация и средства связи.

### **Заключение по разделу «Социальная ответственность»**

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при разработке программно-аппаратного комплекса фото-видеорегистрации для исследования динамики горения дугового разряда постоянного тока. Был проведен анализ нормативной документации.

В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения, а также жесткий диск, однако уровень создаваемого ими шума невелик.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений электроники статическим электричеством не обеспечивается, однако так как корпус ПК закрыт, вероятность поражения элементов или работника минимальна (если не прикасаться мокрыми руками к корпусу).

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Liang, Feng & Tanaka, Manabu & Choi, Sooseok & Watanabe, Takayuki. (2017). Formation of different arc-anode attachment modes and their effect on temperature fluctuation for carbon nanomaterial production in DC arc discharge. Carbon. 117. 10.1016/j.carbon.2017.02.084.
2. Planck, M. (1914). "The Theory of Heat Radiation. Masius, M. (transl.) (2nd ed.). P. Blakiston's Son & Co."
3. Sun, Qingjie & Li, Junzhao & Liu, Yibo & Jiang, Yunlu & Kang, Kexin & Feng, Jicai. (2018). Arc characteristics and droplet transfer process in CMT welding with a magnetic field. Journal of Manufacturing Processes. 32. 48-56. 10.1016/j.jmapro.2018.01.017.
4. Khakpour, Alireza & Uhrlandt, Dirk & Methling, Ralf-Peter & Gorchakov, Sergey & Franke, Steffen & T. Imani, Mohamad & Weltmann, Klaus-Dieter. (2017). Impact of temperature changing on voltage and power of an electric arc. Electric Power Systems Research. 143. 73-83. 10.1016/j.epsr.2016.10.009.
5. Lin, Bingxuan & Wu, Yun & Zhu, Yifei & Song, Feilong & Bian, Dongliang, 2019. "Experimental investigation of gliding arc plasma fuel injector for ignition and extinction performance improvement," Applied Energy, Elsevier, vol. 235(C), pages 1017-1026.
6. Zhang, Rui & Zhang, Yanzhen & Liu, Yonghong & Shen, Yang & Li, Zhen & Wang, Xiaolong. (2016). Energy Distribution and Material Removal of Electric Arc Machining (EAM). Journal of Materials Processing Technology. 242. 10.1016/j.jmatprotec.2016.11.012.
7. Mu, Zhongyan & Chen, Xin & Zheng, Zengchao & Huang, Anguo & Pang, Shengyong. (2018). Laser cooling arc plasma effect in laser-arc hybrid welding of 316L stainless steel. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. 861-870. 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.12.050.
8. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. — 2-е изд. — М.: Наука, 1992. — 536 с.

9. Брамсон М.А. Инфракрасное излучение нагретых тел. – М.: Наука, 1964 – 226 с.
10. Arora N. and Sharma N. Diamond& Related materials // ELSEVIER. 2014. Vol. 50. Pp. 135-150.
11. Zhao Jiang, Su Yanji, Yang Zhi, Wei Liangming, Wang Ying and Zhang Yafei. CARBON Arc synthesis of double-walled carbon nanotubes in low pressure air and their superior field emission properties // 2013. Vol. 58. Pp. 92-98.
12. А.Я. Пак. Безвакуумный метод получения кубического карбида титана в плазме низковольтного дугового разряда постоянного тока - Письма в ЖТФ, 2019.
13. Методы исследования плазмы. Под ред. В.Лохте–Хольтгревена. □ М., 1971. □ С. 108–146.
14. Курсков А.А., Ершов-Павлов Е.А., Чвялева Л.В. Измерение локальной температуры в плазме без использования инверсии Абеля // Журн. прикл. спектроскопии. □ 1986. □ Т. 4, № 5. □ С. 753–757
15. S. Ma, H. Gao, S. Zheng, L. Wu Spectroscopic measurement of temperatures in pulsed TIG welding arcs J Phys D: Appl Phys, 44 (2011), p. 405202
16. Dmitry V.SchurAnatoliy G.DubovoySvetlana Yu.ZaginaichenkoVadim M.AdejevAndrey V.KotkoVyacheslav A.BogolepovAleksander F.SavenkoAlexey D.Zolotarenko Production of carbon nanostructures by arc synthesis in the liquid phase Carbon Volume 45, Issue 6, May 2007, Pages 1322-1329
17. Трудовой Кодекс Российской Федерации
18. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
20. СанПиН 2.2.4.548-96
21. ТОИ Р-45-084-01

22. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.
23. «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.
24. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения
25. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»
26. Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.
27. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»

## Приложение А – Кадры экспериментов и их термограммы

