

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Отделение материаловедения
Направление подготовки: *Оптотехника*

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка энергоэффективного фитосветильника бытового назначения

УДК 628.979-043.61.581.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кононова Татьяна Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Туранов Сергей Борисович	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы инженерного предпринимательства	Калмыкова Екатерина Юрьевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Назаренко Ольга Брониславна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
"Оптотехника"	Полисадова Елена Федоровна	д.ф. – м.н		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 12.03.02

Опtotехника (бакалавриат)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области опtotехники
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
P3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий опtotехники
P4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
P5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
P6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области опtotехники
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
P9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»
Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
И. О. зав. кафедрой ЛИСТ

_____ Е.Ф.Полисадова
(подпись) _____ (дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кононова Татьяна Алексеевна

Тема работы:

Разработка энергоэффективной фитосветильника бытового назначения	
утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	
	Отечественная и зарубежная литература по теме проекта. Требования к условиям выращивания растений в бытовых условиях (нормативные требования).

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор, патентные исследования. 2. Разработка фитосветильника. 2.1. Обоснование и выбор светодиодов. 2.2. Обоснование и выбор параметров и характеристик фитосветильника. 2.3. Разработка и моделирование конструкции. 3. Выбор источников питания. 4. Эскизная документация.
<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. результаты расчетов и моделирования 2. электрические схемы 3. эскизная документация на световой модуль

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Е.Ю.
Социальная ответственность	Назаренко О.Б.

Названия разделов, которые должны быть выполнены русском и иностранном языках:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор – русск. Язык 2. Методики расчетов (исследований) – русск. язык 3. Результаты расчетов и конструирования – русск. язык 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение - русск. язык 5. Социальная ответственность - русск. язык

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Туранов Сергей Борисович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Кононова Татьяна Алексеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кононовой Татьяне Алексеевне

Институт	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (рабочая зона) где проводились исследования	<p><i>Рабочая зона: учебная аудитория ТПУ корпус 11а, аудитория №13.</i></p> <p><i>Характеристика рабочей зоны:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Размеры: длина – 3.8м, ширина - 4м, высота 2.7 м. - Интерьер: стены имеют белое однотонное покрытие, белый потолок, темный пол; - Освещение создается люминесцентными лампами; Оснащена системой противопожарной безопасности, а так же огнетушителем.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>7.1 Производственная безопасность</p> <p>7.2.Анализ вредных опасных производственных факторов</p> <p>7.3.Производственная санитария</p> <p>6.4.Уровень шума на рабочем месте.</p> <p>6.5.Показатели микроклимата.</p> <p>7.6. Электромагнитное излучение</p> <p>7.7. Электробезопасность.</p> <p>7.8. Освещенность в помещении.</p>	<p><i>Для обеспечения чистого воздуха в рабочем помещении предусмотрена система вентиляции и отопления. Для защиты студента-исследователя был проведен анализ показателей микроклимата в помещении также, описаны мероприятия по обеспечению пожаробезопасности, электробезопасности, рассмотрен уровень шума на рабочем месте.</i></p>
<p>7.9 Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Во время работы над ВКР негативного воздействия на окружающую среду не оказывалось.</i></p>
<p>7.10 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>Пожар – является наиболее типичной ситуацией для учебного корпуса. В лаборатории предусмотрены средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОП-5 2шт.</i></p>
<p>7.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p><i>Правовые меры обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -организация рабочего пространства; -соблюдение режима труда-отдыха.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф. ЭБЖ	Назаренко О.Б.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Коконова Татьяна Алексеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Кононовой Татьяне Алексеевне

Институт	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материальные затраты: 554.8 руб. Затраты на амортизацию оборудования: 13 446 руб. Заработная плата: 50 875 руб. Общий бюджет затрат НИИ: 85 118 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>-Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы -Потенциальные потребители результатов исследования;</i>
2. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок</i>	<i>- Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, построение графика работ) - Смета затрат на исследование</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта</i>	<i>-Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;</i>

Перечень графического материала:

1. *График проведения и смета затрат*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Коконова Татьяна Алексеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 91с., 42 рис., 31табл., 26источников.

Ключевые слова: искусственная досветка, автоматизация, освещенность, светодиодная лампа, фитосветильник, микрозелень.

Объектом исследования является энергоэффективный бытовой фитосветильник и зависимость эффективности роста растений от параметров облученности.

Цель работы—разработка и подбор режимов энергоэффективного фитосветильника бытового назначения, исследование состояния развития растений (интенсивности фотосинтеза) в процессе их вегетации на основе имеющегося на кафедре оборудования.

В процессе исследования проводились сбор, обработка и анализ литературных данных по данной тематике, методика исследования фотосинтеза и приборы, способы формирования спектрально-квантовых параметров облученности, выбор модельного растения для проведения эксперимента, проводился подбор энергоэффективной системы освещения, моделирование конструкции фитосветильника.

В результате исследования: получены графики зависимости интенсивности роста от спектрально-квантовых параметров, подобрана диодная схема, смоделирован фитосветильник.

Степень внедрения: результаты данной научно-исследовательской работы могут использоваться для основы написания методик по выращиванию микрозелени в контролируемых условиях искусственной досветки.

Область применения: анализ состояния микрозелени на разных стадиях развития и роста.

Экономическая значимость работы: обусловлена энергоэффективной и экономичной с точки зрения потребляемой мощности системой досветки.

В будущем планируется реализация разработки энергоэффективного фитосветильника бытового назначения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использовались следующие термины с соответствующими определениями:

Фотосинтез: процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

Фотосинтетически активная радиация: часть доходящей до растений солнечной радиации в диапазоне от 400 до 700 нм, используемая растениями для фотосинтеза.

Фотосинтетический фотонный поток: суммарное количество фотонов, излучаемых в секунду в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм (мкмоль/с).

Плотность фотосинтетического фотонного потока: суммарное количество фотонов, излучаемых в секунду на единицу площади в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм (мкмоль/м²/с).

Светофильтр: оптическое устройства, которое служит для подавления (выделения) части спектра электромагнитного излучения.

Светодиод: полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом.

Освещенность: поверхностная плотность светового потока, падающего на площадку заданной величины.

В данной работе применены следующие сокращения:

ФАР — фотосинтетически активная радиация

ФСА — фотосинтетический аппарат

PPFD — Photosynthetic photon flux density (плотность фотосинтетического фотонного потока)

НАДФ — никотинамидадениндинуклеотидфосфата

АТФ — аденозинтрифосфата

ФС1 и ФС2 — фотосистемы 1 и 2, соответственно

Содержание

Введение.....	13
1 Анализ литературных данных об исследованиях по данной научной проблеме.....	15
1.1 Обзор конструкций для светостимуляции роста домашних растений	15
1.2 Патентный обзор.....	18
1.3 Строение ФСА.....	24
1.4 Влияние спектрального состава и интенсивности излучения на рост и развитие растений.....	26
2 Способы формирования спектрально-квантовых параметров.....	28
2.1 Формирование параметров с помощью светофильтров	28
2.2 Формирование параметров с помощью различных светодиодов	30
2.3 Формирование параметров с помощью одного светодиода и люминофоров.....	32
2.4 Выбор системы освещения	34
3 Методика проведения экспериментальных работ	36
3.1 Выбор модельного растения	36
3.2 Оборудование и методика эксперимента	37
3.3 Подходы и методы эксперимента.....	39
3.4 Обработка результатов	43
3.5 Анализ результатов.....	51
4 Моделирование фитосветильника	54
4.1 Подбор и исследование материалов для конструкции отражателя	54
4.2 Исследование спектров отражения материалов	54
4.3 Эскизная модель в Adobe Photoshop и KeyShot.....	59
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	61

5.1	Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской проектной работы.....	61
5.2	Потенциальные потребители результатов исследования	62
5.3	Планирования комплекса работ по проведению НИР	63
5.4	Определение трудоемкости выполнения работ	65
5.5	Построение графика работ	67
5.6	Смета научно- технического проекта	69
5.7	Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов	70
5.8	Основная заработная плата исполнителей темы	71
5.9	Страховые отчисления.....	72
5.10	Накладные расходы	73
5.11	Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта	73
5.12	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
6	Социальная ответственность.....	76
6.1	Производственная безопасность	76
6.2	Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	77
6.3	Производственная санитария.....	78
6.3.1	Уровень шума на рабочем месте.....	78
6.4	Показатели микроклимата.....	79
6.5	Электромагнитное излучение	79
6.6	Электрическая безопасность.....	80
6.7	Экологическая безопасность.....	81
6.8	Освещенность в помещении	82
6.9	Оценка пожарной безопасности помещения.....	83
6.10	Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров	85
6.11	Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности	87

Заключение	89
Список использованных источников	90

Введение

Актуальность работы. Все тепличные и комнатные растения нуждаются в дополнительных источниках подсветки.

Это вполне объяснимо тем, что освещения в помещениях для них недостаточно. Так же в зимний период, который неблагоприятен для комнатных растений они испытывают «световое голодание» так как световой день в этот промежуток года сокращается до минимума, а погода редко радуется солнечными днями. В этих условиях фотосинтез, являющийся основой жизни, замедляется и комнатные растения с трудом дотягивают до летнего периода года.

Обеспечить растения светом необходимым для нормального развития можно с помощью искусственной досветки. В конце минувшего века выбор ламп решался элементарно, так как было всего два вида приборов досветки: лампы накаливания и люминесцентные лампы. Первый тип осветительных приборов однозначно не подходит для досветки растений. Максимум спектра излучения ламп накаливания лежит в ИК области. Таким образом большая часть энергии уходит в тепло. Светодиодные светильники позволяют создать необходимый спектр, не расходуя при этом энергию на другие спектры света, которые никак не влияют на рост растения. Так же светодиодные светильники около 50-60% потребляемой энергии преобразуют в световую, не нагреваются до высоких температур в сравнении с лампами накаливания, безопасны в обслуживании и имеют длительный срок службы.

Принцип работы фитосветильника заключается в том, что в специальную линзу, вставляется светодиодная матрица, имеющая различные светодиоды. Данный спектр излучения специально подбирается так, что эффективно стимулирует процесс фотосинтеза в растениях. Наличие бытового фитосветильника, обеспечит вас свежими органическими микроовощами и травами круглый год [1].

Цель настоящей работы является моделирование и конструирование эргономичного бытового фитосветильника, а также разработка энергоэффективной системы освещения.

Задачи настоящей работы:

1. Анализ и сравнение используемых источников и систем освещения для домашних фитотронов;

2. Анализ и сравнение способов формирования необходимых спектрально-квантовых параметров;

3. Выбор модельного растения;

4. Выбор формы и конструкции. Обоснование выбора материалов;

5. Разработка системы освещения. Выбор типов светодиодов и их мощности, расположения;

6. Выбор оптимальных режимов, основываясь на данных эксперимента;

1 Анализ литературных данных об исследованиях по данной научной проблеме

1.1 Обзор конструкций для светостимуляции роста домашних растений

Все конструкции для светостимуляции роста растений делятся на 3 типа. Фитотрон — камера (или комплекс камер) для выращивания растений в регулируемых искусственных условиях. Фитосветильник-светильник со специально подобранным спектром. Фитосветильники и фитотроны выполняют функцию светостимуляции в определенных условиях и отличаются друг от друга лишь габаритными размерами и автоматизацией работы.

Простейший фитотрон – так называемый вегетационный шкаф – представляет собой небольшую камеру (около 1 м³), в которой уход и наблюдения за растениями осуществляются через специальный люк в боковой стенке. Главным недостатком таких систем является высокая стоимость и габаритные размеры конструкции. На рисунке 1 представлены различные модели фитотронов на примере фирмы FITONACCI, которая является наиболее популярной [1].



FIBONACCI AG-8



FIBONACCI AG-12



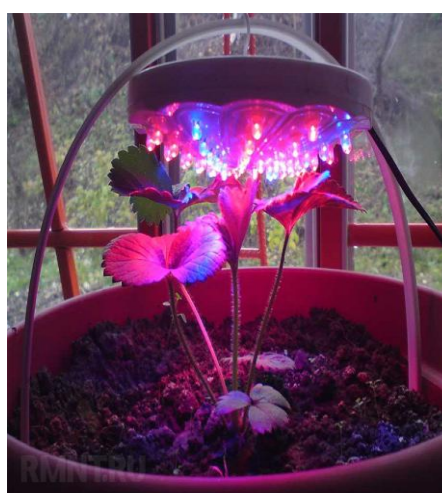
FIBONACCIAG-24

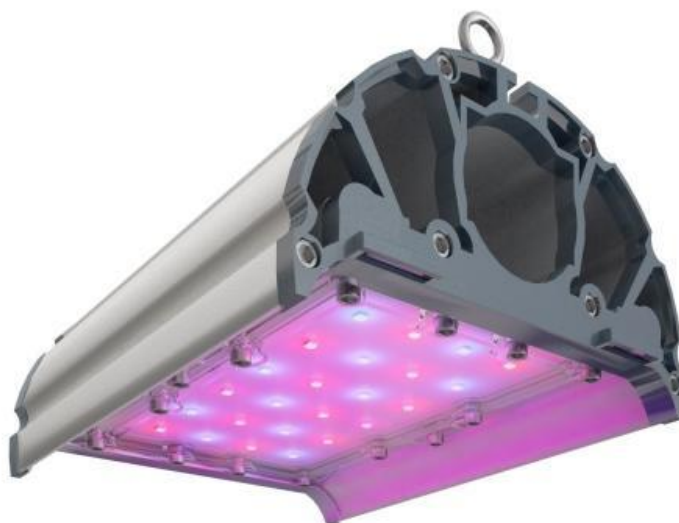


FIBONACCINOME

Рисунок 1 –Фитотроны фирмы «FIBONACCI» (8,12,24 и 84 посадочных мест)[1]

Второй тип конструкции-Фитосветильники. Они в свою очередь очень компактны. Так как состоят всего лишь из источника света помещенного в оправу. Удобны в использовании в быту, имеют малые габаритные размеры нежели фитотрон, но и площадь где размещены растения весьма ограничена. Чаще всего в быту используют открытые конструкции, поскольку они имеют низкую стоимость. Из-за потерь света, которые обусловлены отсутствующими отражающими стенками. Часть световой энергии попросту теряется. Это является главным недостатком конструкций такого типа. На рисунке 2 представлены типы домашних фитосветильников.





купипродай

Рисунок 2 –Конструкции домашних фитосветильников [2]

Слево фитосветильник фирмы «Маркаб»,справо фирмы «Бонейн».

Третий тип так называемые Гроу-бокс.Это небольшое закрытое пространство (шкаф,ящик,коробка) специально оборудованное для выращивания растений в искусственно созданных регулируемых условиях,главной особенностью Гроу-Бокса является наличие отражающих внутренних стенок (белая матовая краска или же фольга).Гоубоксы делятся по габаритным размерам на 3 типа.Малые имеют размер 0,5-1 м².Их чаще всего используют для выращивания растений сорта которых достигают не значительной высоты стебля,а так же для выращивания декоративных растений.Средние имеют габариты 1 до 1,5 м²,т.е ёмкости среднего размера.Они часто используются для выращивания грибор ,посадке рассады овощей.Большие Гроу-боксы с объемом больше 1,5 м².Используется для

выращивания экзотических сортов растений, а также небольших деревьев. Подходят для выращивания более прихотливых растений. Внешний вид данных конструкций представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 –Гроубоксы фирмы «НОРМА» [3]

1.2 Патентный обзор

Рассмотрим имеющиеся и подходящие по конструкции отечественные и зарубежные патенты.

Первый рассматриваемый патент относится к следующим классам МПК:

Международная патентная классификация: F21V 29/00

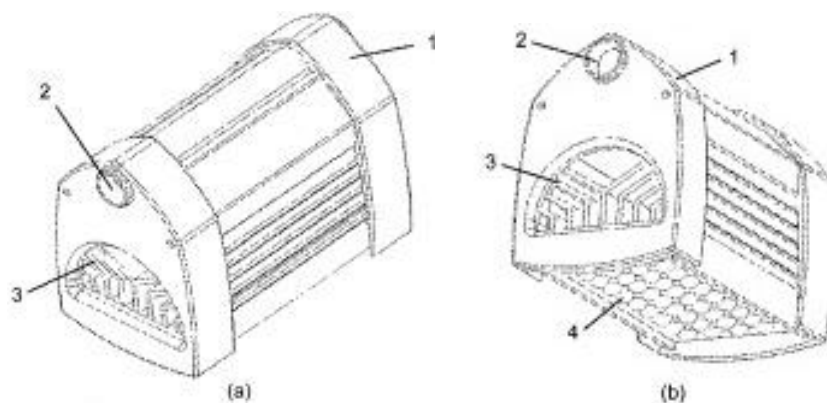
РФ патентная классификация: A01G9/24 относится к категории устройства для отопления, вентиляции, регулирования температуры и орошения теплиц парников и т.д. A01G7/04 электрическое или магнитное воздействие на растения для стимуляции их роста

Авторы данного патента: Чапман Кирк (DK), Рубэк Томас, Эрланд Эстергаард Джон, Хассинг Сёрен, Лённсман Иверсен Енс Йёрген.

Изобретение относится к категории способов использования СИД в дополнение к дневному свету.

Изобретение состоит из модульной системы. Модульная система включает в себя корпус, который содержит: ряд светоизлучающих диодов

(СИД), двух различных цветов для генерации света в пределах цветового спектра. СИД смонтированы, предпочтительно с фиксацией при защелкивании, на пластине. Пластина - теплопроводящая. Существует и другой вариант крепления рядом с пластиной, которая должна быть оборудована средствами охлаждения для СИД, так же модульная система включает в себя процессор для регулирования величины тока, подаваемого на ряд СИД, так, чтобы величина подаваемого на них тока определяла цвет освещения, генерируемого рядом, и плоский светопроницаемый элемент, содержащий связанные с СИД светопроницаемые линзы, для управления углом рассеяния света, для равномерного освещения поверхности. Корпус снабжен каналом для приема трубки для подачи питания и, как вариант, охладителя для системы СИД. На рисунке 4 показаны 3 вида устройства с охлаждающими ребрами: (а) вид сверху, (б) вид снизу и (с) вид снизу со снятым концевым корпусом. Осветительная система СИД содержит модульный корпус 1, канал 2 для введения трубки/кабеля с целью подачи питания. Охлаждающие ребра 3 используются для эффективного отведения тепла от светоизлучающих диодов. Каждый отдельный светоизлучающий диод снабжен линзой 4 для равномерного освещения растений. Эти линзы выполнены в виде составной части литой матрицы светопроницаемых пластмассовых линз 5, позади которой монтируется печатная плата 6 и электронная плата 7, содержащая управляющий процессор, и обеспечивающая питание СИД [4].



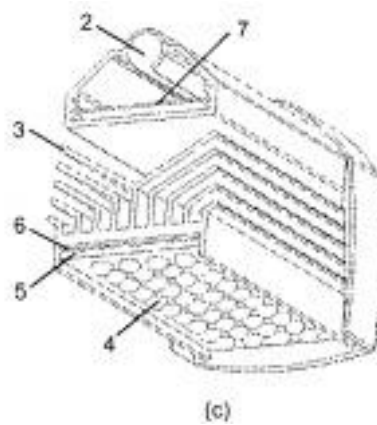


Рисунок 4 – Устройство с охлаждающими рёбрами[4]

а-вид устройства сверху;

б-вид устройства снизу;

с-вид снизу со снятым концевым корпусом.

На рисунке 5 показано объемное изображение изобретения с пространственным разделением деталей, в котором используется система фиксации с защелкиванием для разъемного монтажа нижней части корпуса, содержащей СИД и матрицу линз. На этом изображении углубления для приема СИД видны на матрице линз 5, а основания СИД 8 с перевернутым монтажом видны на печатной плате 6. Светоизлучающая часть каждого СИД помещена в отверстия на плате, чтобы обеспечить прохождение света через матрицу линз. Матрица линз и плата СИД, в свою очередь, монтируются на нижней части модуля корпуса 9, который фиксируется защелкиванием на остальной части модульного корпуса с помощью системы, состоящий из язычка 10 и паза 11[4].

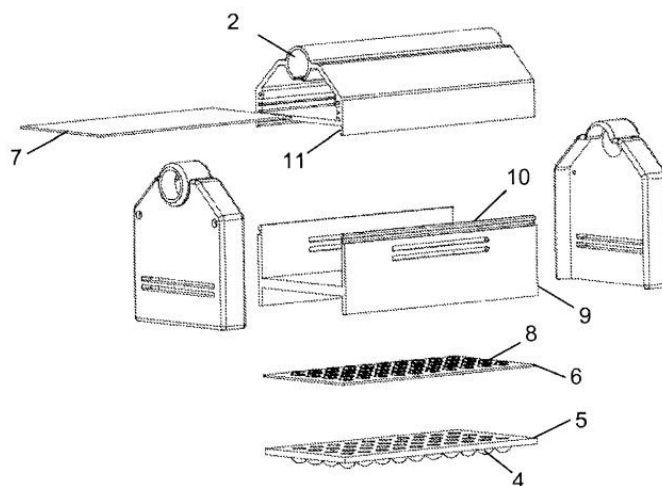


Рисунок 5 – 3Д вид изобретения с пространственным разделением деталей [4].

Следующий патент (A01G9/26) относится к категориям-Электрическим устройствам. Владельцы патента RU 2557572: Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственный центр "Лазеры и аппаратура ТМ" (RU).

Авторы патента: Сапрыкин Л. Г. (RU) и Гайдуков Е.Н. (RU).

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к климатическим камерам для выращивания растений. Фитотрон содержит рабочую камеру с расположенными в нижней и верхней частях вентиляционными отверстиями, так же в камере размещен температурный датчик. В выполненные с вентиляционными пазами стеллажи помещают контейнеры с растениями. Над контейнерами установлена подсветка, которая состоит из панели со светодиодами, и системы управления. Светодиоды размещены группами. Которые включают в себя светодиоды с различными спектральными диапазонами, например, 400-500, 500-600, и 600-700 нм. Фитотрон снабжен воздухоохлаждающей установкой с блоком выключения. Панели изготовлены из теплопроводного материала и выполнены с вентиляционными отверстиями.

Температурный датчик размещен в месте расположения контейнеров с растениями и соединен с системой управления воздухоохлаждающей

установкой. Такое выполнение позволит стабилизировать температуру в месте расположения контейнеров с растениями в независимости от температуры наружного пространства и интенсивности излучения светодиодов; стабилизировать охлаждение и необходимый температурный режим работы светодиодов и тем самым обеспечить их высокую долговечность [5]. На рисунке 6 представлен пример выполнения устройства.

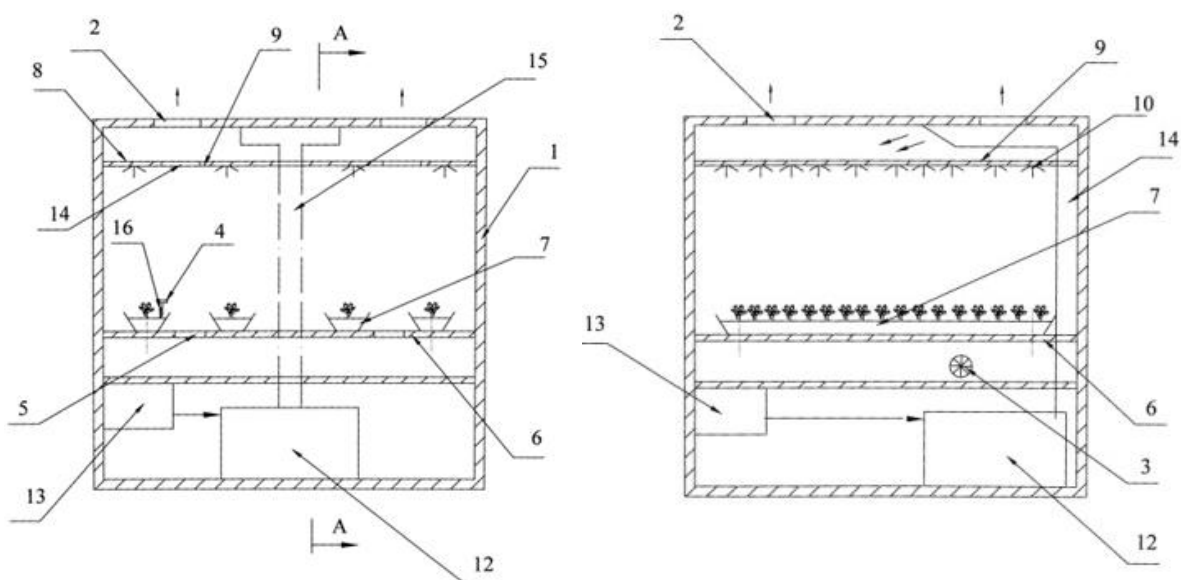


Рисунок 6 – Устройство Фитотрона[5]

Фитотрон содержит рабочую камеру 1 с расположенными в нижней и верхней частях вентиляционными отверстиями 2, 3, размещенные в рабочей камере температурный датчик 4, выполненные с вентиляционными окнами 5 стеллажи 6 для помещения контейнеров 7 с растениями, установленную над контейнерами подсветку 8, включающую панели 9 со светодиодами 10, и систему 11 управления подсветкой. Светодиоды 10 размещены группами из светодиодов с различными спектральными диапазонами (например, 400-500, 500-600 и 600-700 нм).

Фитотрон снабжен воздухоохлаждающей установкой 12 с системой управления 13. Панели изготовлены из теплопроводного материала и выполнены с вентиляционными отверстиями 14, которые сообщены с воздухоохлаждающей установкой посредством вентиляционных каналов 15. Температурный датчик размещен в месте расположения контейнеров 7 с

растениями и соединен с системой управления 13 воздухоохлаждающей установкой. На рисунке 7 представлена система управления воздухоохлаждающей установкой фитотрона.

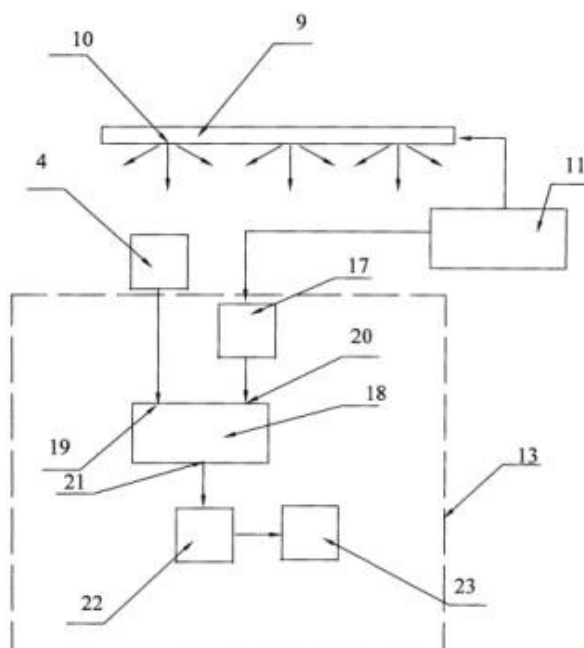


Рисунок 7 – Система управления воздухоохлаждающей установкой фитотрона [5]

Система управления воздухоохлаждающей установкой 13 снабжена датчиком температуры 17 и блоком сравнения 18, входы 19, 20 которого соединены с датчиком 4 и датчиком 17, а выход 21, через пороговый элемент 22, соединен с блоком 23, 23-блок выключения воздухоохлаждающей установки.

Работает устройство следующим образом. При включении подсветки в месте расположения контейнеров с растениями начинает постепенно повышаться температура. Когда температура повышается до верхнего уровня, задаваемого датчиком, сигнал поступает от блока сравнения и порогового элемента к блоку включения воздухоохлаждающей установкой. Охлажденный воздух поступает через каналы и пазы к панелям светодиодов и к месту расположения контейнеров с растениями и охлаждает их. Температура в месте расположения контейнеров с растениями начинает

понижаться, и когда она достигнет нижнего уровня, задаваемого датчиком, то воздухоохлаждающая установка отключается и цикл повторяется снова. Верхний и нижний уровень температур можно регулировать в необходимых пределах и тем самым достигать, при необходимости, минимального изменения температуры в месте расположения контейнеров. Диапазон изменения температур можно задавать автоматически, так как датчик температуры может быть подсоединен к системе управления подсветкой [5].

1.3 Строение ФСА

Известно, что при изменении различных факторов окружающей среды, в первую очередь изменяются концентрация и фотосинтетическая активность клеток растения. Таким образом, функционирование фотосинтетического аппарата (ФСА) оказывается наиболее информативным для определения текущего состояния растения [6]. Следовательно, нужно определить, каким образом этот процесс зависит от параметров окружающей среды. Для этого рассмотрим основные процессы, протекающие в фотосинтетическом аппарате растения. Фотосинтез – многоступенчатый процесс; реакции фотосинтеза подразделяют на две группы: реакции световой фазы и реакции темновой фазы. Ниже приведена таблица 1- сравнения 2-х фаз фотосинтеза [7].

Таблица 1 Сравнение фаз фотосинтеза

Критерии сравнения	Световая (активная) фаза	Темновая фаза
Солнечный свет	Обязателен	Необязателен
Место протекание реакции	Граны Хлоропласты	Строма Хлоропласта
Зависимость от источника энергии	Зависит от солнечного света	Зависит от АТФ и НАДФ•Н ₂ , образованных в световой фазе и от количества СО ₂ из атмосферы

Исходные вещества	Хлорофилл, белки-переносчики электронов, АТФ-синтеза	Углекислый газ
Суть фазы и результат	Выделяется свободный O_2 , образуется молекулы энергии АТФ (аденозинтрифосфат) и НАДФ	Образование природного сахара (глюкозы) и поглощение CO_2 из атмосферы

Рассмотрим эти стадии подробнее. Первичные реакции запасания энергии происходят в световую стадию в мембранной системе хлоропластов, тилакоидах. В ходе этих реакций перенос энергии проходит по, так называемой, Z-схеме (рис. 8), согласно которой перенос электронов осуществляется при помощи двух последовательно работающих фотохимических активных систем, ФС1 и ФС2. Эти пигментные системы различаются по спектру поглощения, хлорофилл ФС1 поглощает в более длинноволновой области, чем в ФС2 [8].

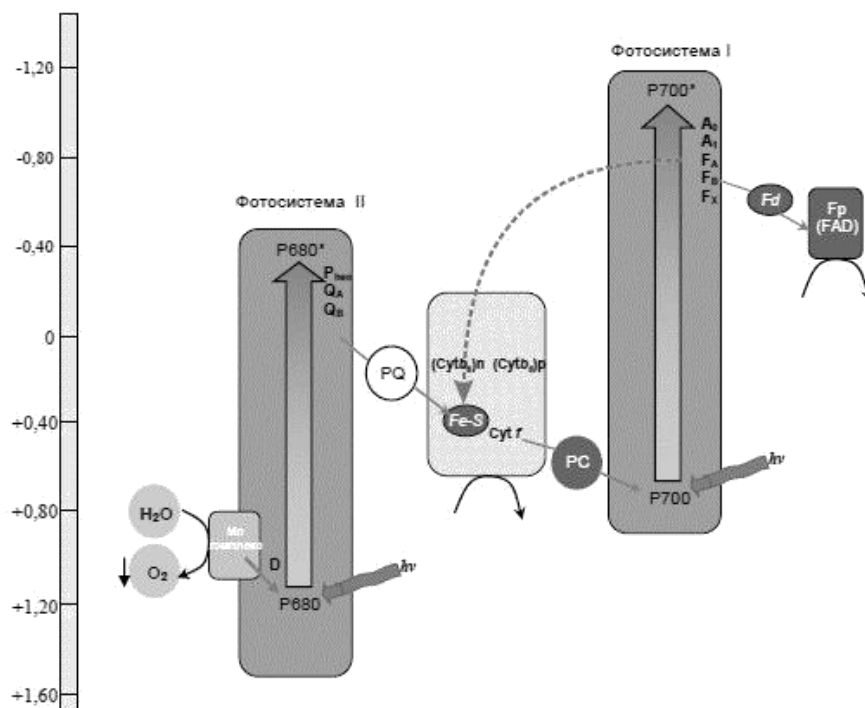


Рисунок 8–Z-схема переноса энергии [8]

Как всем известно растения при фотосинтезе выделяют не только Хлорофилл, а и b, а также выделяется каротин и фикобелины. Зависимость

абсорбции света пигментами растений в области спектра от 400-700 нм представлена на рисунке 9.

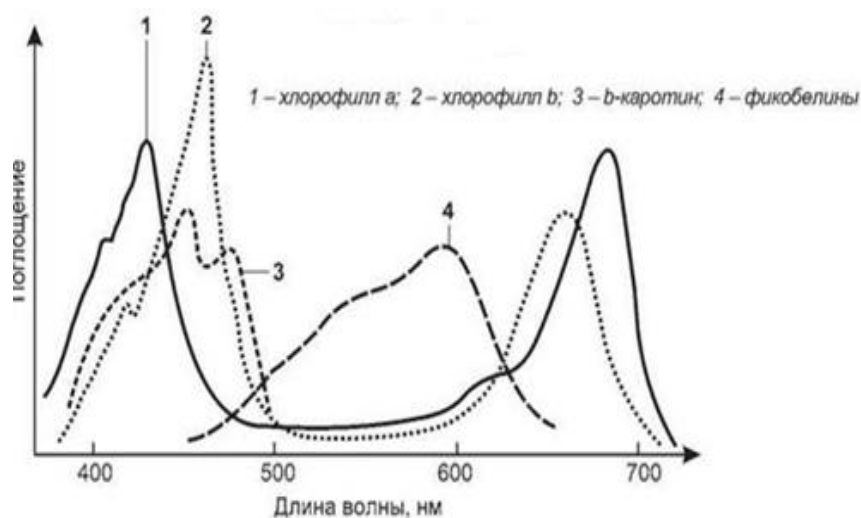


Рисунок 9 –Спектры абсорбции света пигментами [9]

Из приведенного графика можно сделать вывод, что каждый пигмент растения поглощает свет на разных участках спектра по-разному. У Хлорофилла А максимум абсорбции находится на участке от 430-440 нм, 660-663 нм. Для Хлорофилла В максимум абсорбции приходится на область спектра от 452-455 нм, 642-640 нм. Каротиноиды и фикобелины, которые также участвуют в фотосинтезе, поглощают кванты света на длинах волн: 480-530 нм и 490-660 нм.

1.4 Влияние спектрального состава и интенсивности излучения на рост и развитие растений

Фотосинтез — процесс преобразования углекислого газа и воды на свету в органическое вещество, при участии фотосинтетических пигментов растений. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) — это часть света в диапазоне от 400-700 нм, которая используется растениями для фотосинтеза.

Обычно ФАР измеряется в мкмоль фотонов $\text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, что можно расшифровать как плотность фотосинтетического фотонного потока с английского перевода Photosynthetic photon flux density

(PPFD). Фотосинтетический фотонный поток суммарное число фотонов излучаемых в секунду в диапазоне длин волн 400 до 700 нм. Так же фотосинтетическую радиацию можно выразить в единицах энергии (интенсивность излучения, $\text{Ватт}/\text{м}^2$). Но поскольку у растений фотосинтез является всетаки квантовым процессом, то в физиологии растений фотосинтетически активная радиация чаще всего выражается в единицах плотности фотосинтетического фотонного потока т.е (PPFD)[9].

Как видно, из рисунка 9, максимальноэффективный спектр для фотосинтеза наблюдается на длинах волн :440нм, 455нм, 640нм и 660нм. Если известен точный спектр излучения, то плотность фотосинтетического фотонного потока (PPFD) можно преобразовать, используя весовые коэффициенты для каждой длины волны. Этот параметр представляет собой ФАР, освещенность в соотношении с эффективностью фотосинтеза по каждой длине волны. Он носит название усваиваемый растениями поток фотонов с английского варианта Yield photon flux (YPF). На рисунке 10 представлен усваиваемый растениями поток излучения.

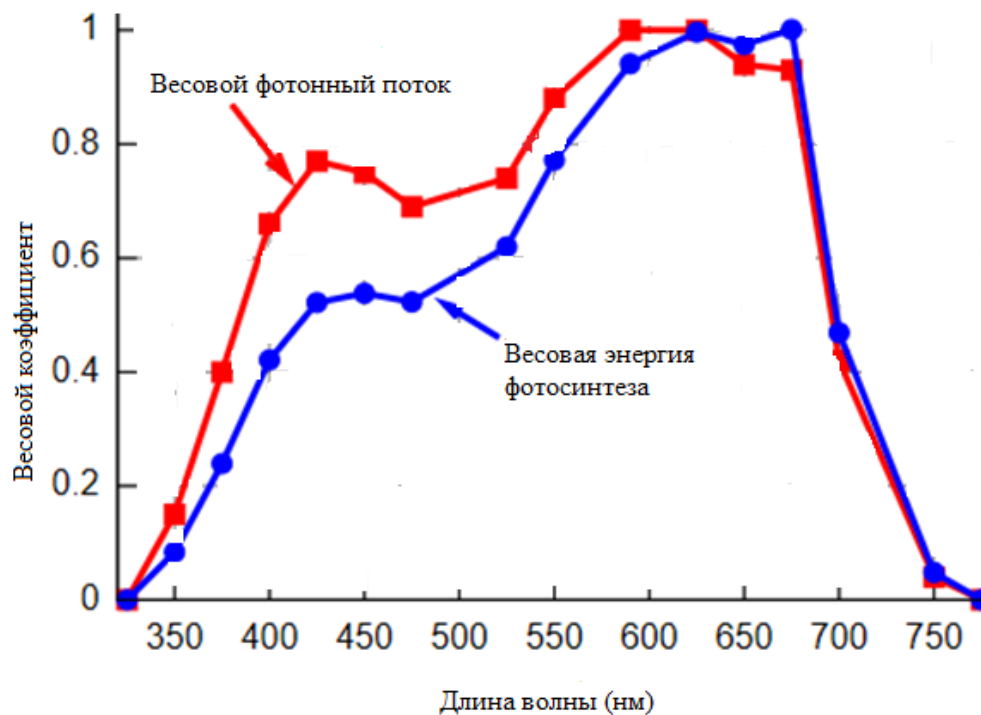


Рисунок 10 – Уставаемый растениями поток излучения [9]

Из графика можно сделать вывод: красная кривая показывает, что фотоны с длиной волны около 610 нм (оранжево-красный) обладают максимальной фотосинтетической активностью в расчёте на один фотон, поскольку коротковолновые фотоны несут больше энергии на один фотон. А вот максимум фотосинтеза в расчёте на одну единицу энергии находится при большей длине волны, около 650 нм (тёмно-красный).

2 Способы формирования спектрально-квантовых параметров

2.1 Формирование параметров с помощью светофильтров

Светофильтр – это плоскопараллельная оптическая среда. Которая поглощает или же пропускает проходящее через нее излучение, ослабляющая мощность или же изменяющая структуру светового потока как в видимой,

так и в ИК, УФ зонах спектра. Спектральная характеристика светофильтра содержит в себе следующие зоны: полного поглощения, частичного поглощения, пропускания и зону полного пропускания.

Классифицировать светофильтры можно по способу изготовления на твердые, газообразные и жидкостные. По принципу действия подразделяются на абсорбционные (цветные), поляризационные, клиновые, интерференционные, рассеивающие и изменяющие цветовую температуру источника.

Светофильтры классифицируют по форме кривой спектрального пропускания на нейтрально-серые, монохроматические, селективные (зональные), компенсационные.

Наиболее удобны в работе твердые светофильтры. Чаще всего используют стеклянные и пластмассовые светофильтры. Рассмотрим подробнее все типы светофильтров. Стеклянные светофильтры наиболее долговечны, обладают высокими эксплуатационными свойствами, менее всего подвержены механическим повреждениям. Краситель в массе стекла распределен равномерно и практически изолирован от внешнего воздействия. Желатиновые светофильтры-тонкий слой окрашенного желатина, нанесенный на стекло (триацетатную или нитроцеллюлозную подложку) либо клеенный между двумя защитными стеклами. В данных светофильтрах быстро выгорает краситель, т.к. они неустойчивы к термическому воздействию. Так же разрушению желатиновой пленки способствует влага. Получают желатиновые светофильтры, окрашиванием фотопленок или пластинок в растворе красителя. Жидкостные светофильтры изготавливают из растворов различных жидкостей (красителей), которые заливают в прозрачные кюветы с плоскопараллельными стенками. Если нужно достичь максимум пропускания в определенной области спектра, несколько красителей комбинируют между собой. Плотность таких светофильтров легко изменить, добавляя в кювету концентрированный раствор либо

дистиллированную воду. В качестве красителей используют соли различных металлов или органические (анилиновые) красители[10].

2.2 Формирование параметров с помощью различных светодиодов

Светодиод — это полупроводниковый прибор, который преобразует энергию электрического тока в свет. Светящимся элементом светодиода является полупроводниковый кристалл, имеющий многослойную структуру из тонких пленок полупроводников с разными типами проводимости — дырочной и электронной.

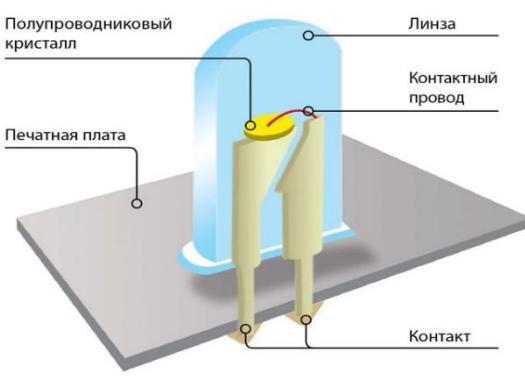
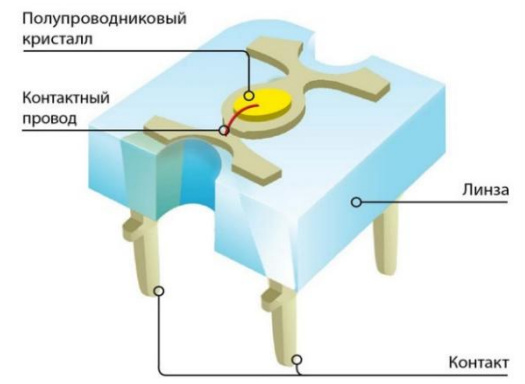
Дырочная проводимость связана с переходом электрона с другого атома на атом со свободным местом. На атом, откуда перешёл электрон, входит другой электрон из другого атома и т. д. Это обуславливается ковалентными связями атомов. Таким образом, происходит перемещение положительного заряда без перемещения самого атома. Этот условный положительный заряд называют дыркой. В зонах контакта разных типов проводимости образуются р-п-переходы. Такие многослойные конструкции называются гетероструктурами. При прохождении электрического тока в области р-п-переходов происходит рекомбинация дырок и электронов (электроны занимают вакантные места — дырки), сопровождаемая излучением света. Это излучение может быть красным, желтым, зеленым или синим — в зависимости от состава полупроводников в гетероструктуре. Гетероструктуры, состоящие из слоев нитрида галлия (GaN) с определенными примесями, излучают синий свет. Излучающий кристалл нитрида галлия с площадками для контактных проводов в светотехнике принято называть чипом. Чип является ключевым компонентом, на базе которого собирается собственно светодиод.

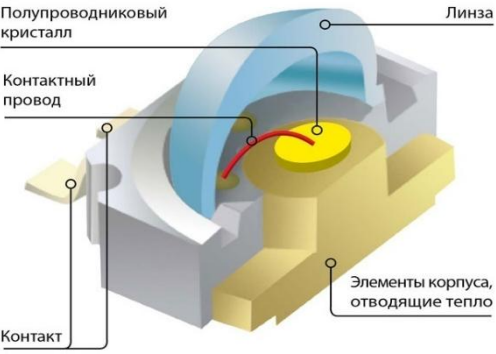
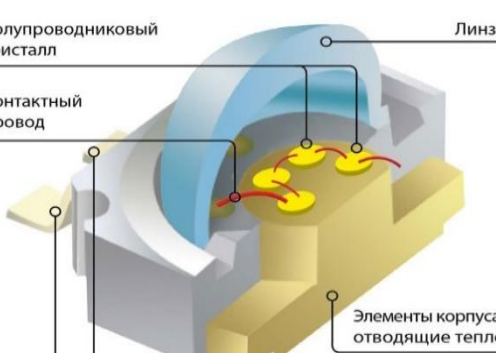
Чтобы получить белый свет, на чип наносят люминофор — химическое вещество, которое возбуждается излучением, исходящим от кристалла, и испускает собственное излучение. Это объединяет светодиоды с

компактными люминесцентными лампами — внутри трубки также имеется люминофор. Чип покрывают слоем геля на основе силикона с порошком люминофора так, чтобы часть его излучения поглощалась в веществе люминофора и возбуждала его, а часть проходила сквозь люминофор свободно. В результате смешение исходного синего свечения нитрида галлия с желтым свечением люминофора дает белый свет. С помощью разных люминофоров достигается любое значение цветовой температуры излучаемого света [11]. На базе излучающего кристалла, покрытого люминофором и снабженного электрическими контактами, изготавливают сами светодиоды.

В зависимости от технологий сборки и особенностей крепления в настоящее время различают 4 типа светодиодов. В таблице 2 представлены различные типы конструкций и особенности монтажа светодиодов [12].

Таблица 2 Типы конструкций и особенности крепления светодиодов.

Тип светодиодов	Конструкция	Особенности
DIP		Кристалл помещен в корпус со встроенной специальной линзой, которая формирует нужный световой пучок.
Superflux LED или Spider LED. «Пирания»		Аналогичная конструкция, но вывода не 2, а 4. Это улучшает теплоотвод и дает большую надежность при монтаже.

<p>SMD</p>	 <p>Полупроводниковый кристалл</p> <p>Линза</p> <p>Контактный провод</p> <p>Контакт</p> <p>Элементы корпуса, отводящие тепло</p>	<p>Монтаж на поверхность платы.</p> <p>Обеспечивает меньшие габариты конструкции, лучший теплоотвод, вариативность исполнения.</p>
<p>COB-технология</p>	 <p>Полупроводниковый кристалл</p> <p>Линза</p> <p>Контактный провод</p> <p>Контакт</p> <p>Элементы корпуса, отводящие тепло</p>	<p>Кристалл монтируется в плату. Стоимость производства таких ниже по сравнению с SMD.</p>

2.3 Формирование параметров с помощью одного светодиода и люминофоров

На сегодняшний день существует 2 распространенных способа получения белого цвета свечения с помощью светодиодов. Один из них предполагает соединение в одном корпусе светодиодного чипа трех основных цветов (красного, зеленого и синего). При помощи смешивания этих цветов получается белый цвет, так же возможно получение любого цветового оттенка, при изменении интенсивности трех основных цветов RGB. Второй способ использование люминофора для преобразования излучения синего или же ультрафиолетового светодиода в белый цвет. Наиболее популярным способом получения белого цвета является второй метод, это обусловлено низкой стоимостью и большей световой отдачей люминофорных светодиодов.

Белые светодиоды изготавливаются на основе синего кристалла InGaN и желтого люминофора. Желтые люминофор получают с помощью модифицированного иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), легированного трехвалентным церием. Максимумы свечения данного люминофора наблюдаются на длинах волн 530 и 560 нм. Длинноволновая часть спектра имеет большую протяженность, чем коротковолновая. Добавлением в люминофор галлия и гадолиния можно сдвинуть максимум спектра в теплую сторону при помощи гадолиния и в холодную с помощью галлия. Внешний вид люминофорного светодиода и конструкция представлены на рисунках 11 [13].

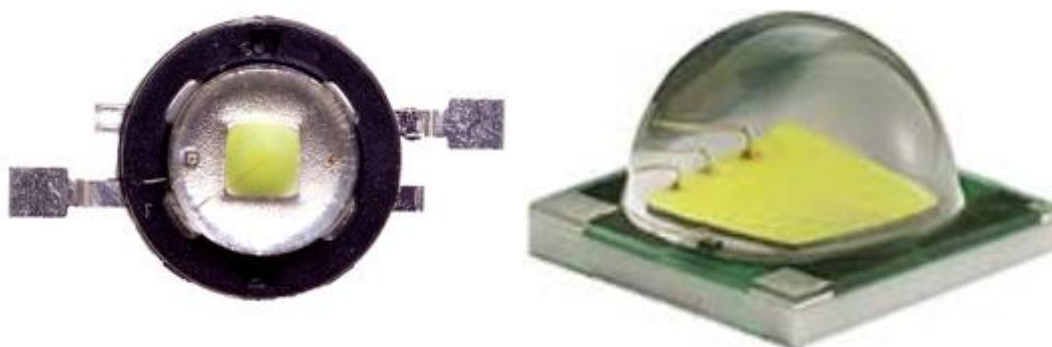


Рисунок 11 –Пример конструкции люминофорных светодиодов [12]

Компания OSRAM выпускает линейку светодиодных продуктов с люминофором на керамической подложке. Образцы синего и белого цвета свечения были получены из светоизлучающего слоя нитрида галлия, выращенного на кремниевых пластинах диаметром 150 мм, благодаря керамическому [13].

Компания Cree так же выпускает линейку светодиодов с люминофором. Кроме иттрий-алюминиевого граната (ИАГ) в состав люминофора белого светодиода был добавлен люминофор со смещенным в красную область максимумом излучения. На рисунке 12 представлены спектральные данные люминофоров Cree.

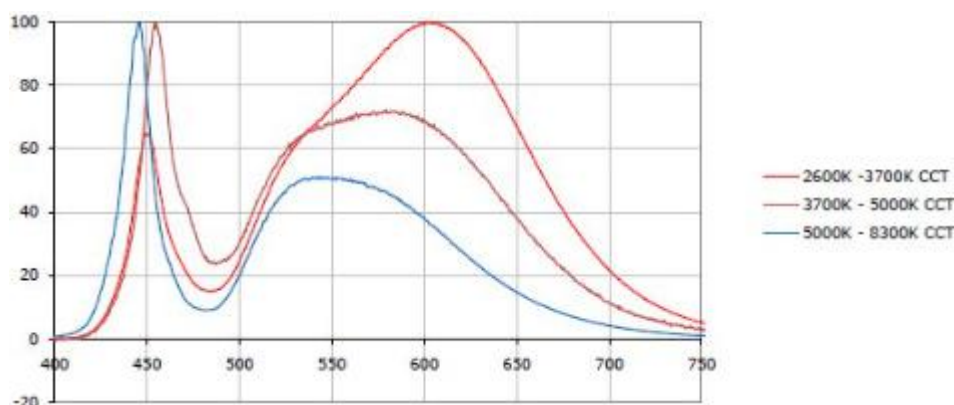


Рисунок 12 –Спектральные данные люминофоров Cree

Преимуществом использования люминофора в светодиодах является большой срок службы, т.к. старение люминофора определяется в основном температурой. Чаще всего люминофор наносят непосредственно на кристалл светодиода, который сильно нагревается.

Исследуя различные способы формирования спектрально-квантовых параметров, наиболее подходящими по конструкции и характеристикам были выбраны светодиоды. Выбор светодиодов обусловлен конструкторскими особенностями и техническими характеристиками, а также длительным сроком службы.


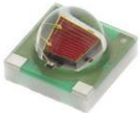
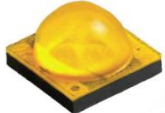
2.4 Выбор системы освещения

Диоды, подходящие по спектру должны иметь длину волны (440-480 нм для синей и 625-670 для красной области спектра) что позволит добиться ускоренной реакции фотосинтеза и увеличит эффективность данной фитолампы. Каждый диод излучает световую энергию. В виде «конуса» и должен перекрывать друг друга, чтобы вся площадь под фитолампой имела равномерную освещенность.

В качестве освещения были выбраны фитосветодиоды. Система освещения – красные и синие светодиоды, ленты фито-светодиодов 445 нм и 660 нм, а также в конструкции будет использоваться белый фито-светодиод, полного (белого) спектра для стимуляции хлорофиллов А и В. Вариации

компоновки светодиодов по цветам могут быть различными. Светодиоды с такими характеристиками имеются у разных фирм. Марка и характеристики используемых светодиодов приведены в таблице 3. Наиболее подходящие по соотношению цена-качество, а также необходимого размера 3,5x3,5мм

Таблица 3 Марки и характеристики используемых светодиодов

Артикул	Характеристики	Цена	Внешний вид	Аналоги
XTEARY-00-0000-000000L07	λ = 452.5 – 457.5 нм; Мощность излучения-500-525 мВт; $I_{НОМ} = 350$ мА.	136 руб.		Philips и Osram
Cree ХРЕРНР-L1- 0000-00801	$\lambda = 650 - 670$ нм; Мощность излучения-300 мВт; $I_{НОМ} = 350$ мА.	70.4 руб.		Philips и Osram
Cree ХТЕАWT-E0 CSMD- 00000BKE3 (S4)	2800-3200 К Мощность излучения -600 м Вт $I_{НОМ}$ -350 мА	112 руб.		Osram

Возьмем соотношение цветов диодов 2:1 т.е. на два красных диода берём один белый. Такое расположение диодов позволит нам ускорить развитие корневой системы растения. При этом растение будет значительно невысоким, но с хорошо развитыми листьями и толстым стеблем. Чтобы собрать схему включения и рассчитать необходимые нам параметры необходимо соблюдать полярность при включении светодиодов в цепь, так как светодиод является полупроводниковым прибором. Светодиод имеет два вывода, один из которых катод («минус»), а другой анод («плюс»). Светодиод будет гореть только при прямом включении. В конструкции освещения данной фитолампы будет использоваться 30 светодиодов.

3 Методика проведения экспериментальных работ

3.1 Выбор модельного растения

Выбор модельного растения осуществлялся исходя из быстрого вегетативного периода, параметров стебля и корней. Для эксперимента была выбрана культура – Подсолнух «Лакомка». Ростки Подсолнуха в вегетативный период имеют достаточно широкий и крепкий стебель, что очень удобно для измерения и дальнейшего анализа. Период от появления всходов до образования корзинок характеризуется продолжительностью 30-40 дней. Внешние признаки его завершения: образование корзинок диаметром 2 см. В этот период происходят важнейшие этапы развития растения, образование зачатков, листьев и стебля. Далее следует период цветения. Он длится 8-10 дней, начиная с краевых зон листьев и распространяется к середине. После начинается рост семян, который в основном завершается за 14-15 дней, а затем в течении 20-15 дней происходит накопления в них жира.

Фаза роста является самой важной. Это фаза, когда определяется число семян в корзине, определяется их размер и величина запасенной жир ткани, а также, толщина стебля и длина листьев. На рисунке 14 представлены этапы развития семени.



Рисунок 14 –Этапы развития семени [1]

3.2 Оборудование и методика эксперимента

После выбора модельного растения. Были куплены семена подсолнуха и пластиковые контейнеры. В контейнеры помещалось одинаковое количество грунта. Грунт предварительно пропитывался водой. В каждый контейнер было посажено по 12 семян подсолнуха. Первый этап представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 –Первый этап эксперимента

Каждый контейнер был помещен в определенные условия. С разным типом освещения. Для наблюдения периода роста и развития семян подсолнуха были взяты лампы имеющие уровень ФАР облученности: 9.3 Вт/м², 16.2 Вт/м², 21 Вт/м², 30 Вт/м², 52 Вт/м² (имеющие одинаковый спектр), а также лампы (имеющие разный спектр).

Все спектры предварительно были измерены спектрофотометром «ТКА-Спектр» (ФАР). Принцип работа данного прибора описан ниже. Результаты проведенных измерений представлены в виде графиков и таблиц 3,4 на рисунках с 22-28.

Данный прибор предназначен для измерения относительной спектрального распределения источников оптического излучения в видимой области спектра. Диапазон от 400 нм до 790 нм. Измерения энергетической освещенности (ФАР облучённости) Ее в мВт/м². ФАР- Фотосинтетически активная радиация. Так же прибор используется для оценки

энергоэффективности потока оптического излучения в условиях интенсивной светокультуры с возможностью расчёта на базе компьютера дополнительных параметров контроля облученности культур и расчет PPFD в мкмоль/с/м². Основные технические данные и характеристики прибора представлены в таблице 4.

Таблица 4. Технические данные и характеристики «ТКФ Спектр –ФАР»

Диапазон измерений ФАР и PPFD	100÷600 000 мВт/м ²
Режим измерений	Непрерывный/Пауза
Спектральный диапазон, нм	400-790
Основная относительная погрешность	±8.0%
Приемник	Полихроматор, 128-пиксельная линейка, кремневый фотоэлемент
Шаг сканирования, нм	3.33
Ширина спектральной линии, нм	9.9
Диапазон времени интеграции, мс	16÷4096

Принцип действия прибора основан на измерении спектральной плотности энергетической яркости источника оптического излучения в видимой области с последующей математической обработкой результатов измерения с помощью микропроцессорного устройства.

Конструкция прибора состоит из 2 функциональных блоков (оптоэлектронный блок и блок обработки сигнала), соединенных между собой гибким многожильным кабелем. Внешний вид прибора представлен на рисунке 16.

На блоке обработки сигнала расположены органы управления и индикации:

- Цифровой индикатор (дисплей). Цифровой индикатор имеет 2 строки по 16 разрядов) с подсветкой.
- Кнопка управления питания «Вкл/Выкл»
- Кнопка управления «Пауза», «Режим».
- Разъем USB-B.
- Разъем DC для зарядного устройства аккумуляторной батареи



Рисунок 16 –Внешний вид Спектрометра «ТКА-ФАР»

3.3 Подходы и методы эксперимента

Для полноценного проведения эксперимента и дальнейшего анализа полученных результатов было измерено распределение уровня спектральной плотности облучённости на поверхности растения от длины волны при освещении лампами разной мощности. Для проведения эксперимента использовались светодиодные имеющие уровень ФАР облученности: 9.3 Вт/м², 16.2 Вт/м², 21 Вт/м², 30 Вт/м², 52 Вт/м², а также светодиодные лампы красного и розового свечения. Полученные замеры представлены в виде графиков на рисунках с 22 по 29.



Рисунок 22 – Спектральная плотность облучённости на поверхности растений
лампами с ФАР = 9.3 Вт/м²

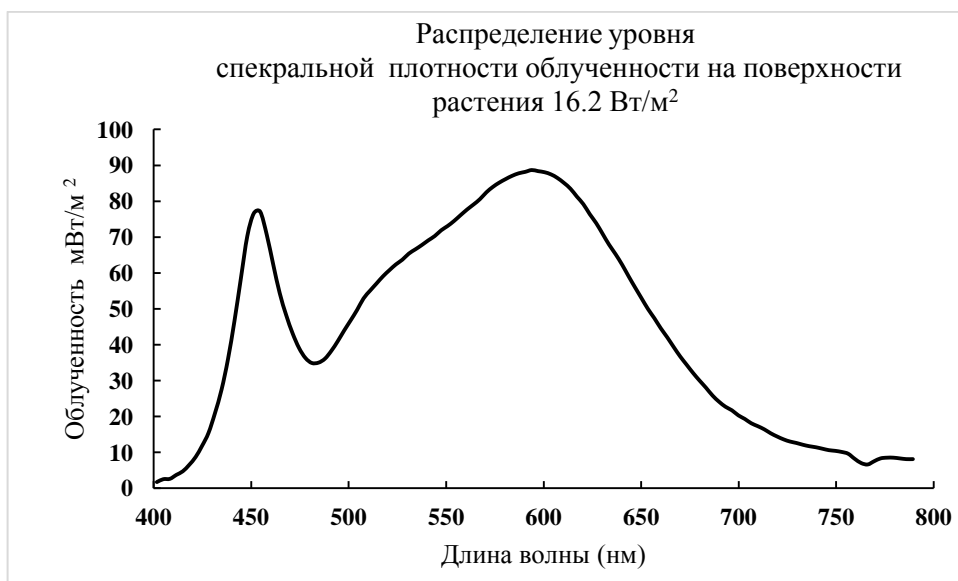


Рисунок 23 – Спектральная плотность облучённости на поверхности
растений лампы с ФАР=16.2 Вт/м²

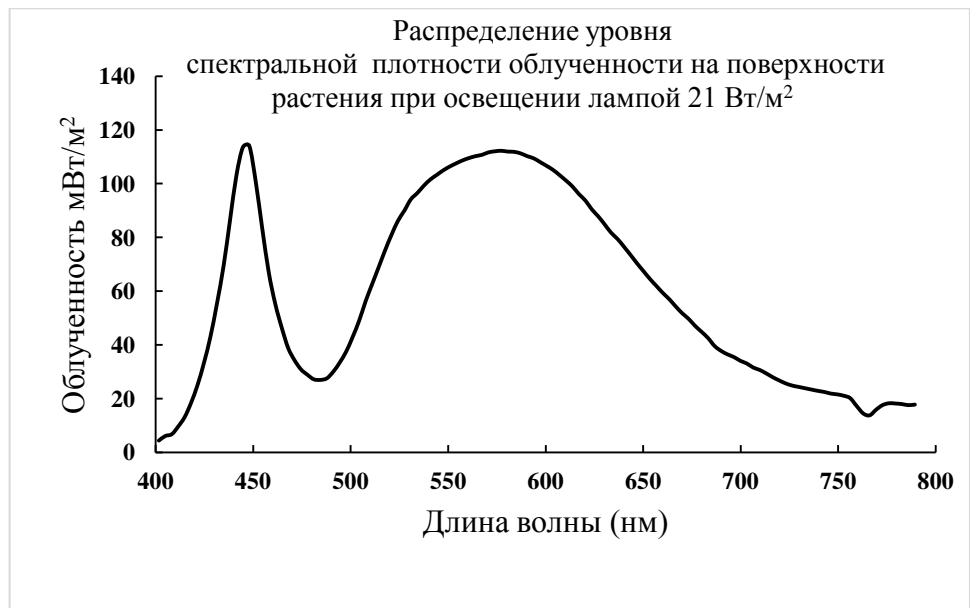


Рисунок 24 –Спектральная плотность облучённости на поверхности растений лампы с ФАР =21 Вт/м²

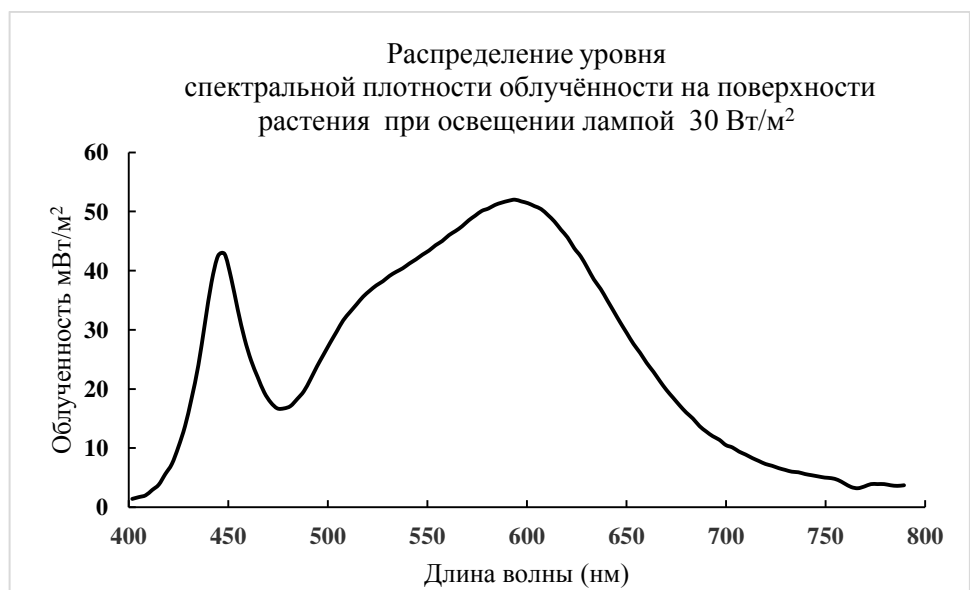


Рисунок 25 – Спектральная плотность облучённости на поверхности растений лампы с ФАР=30 Вт/м²

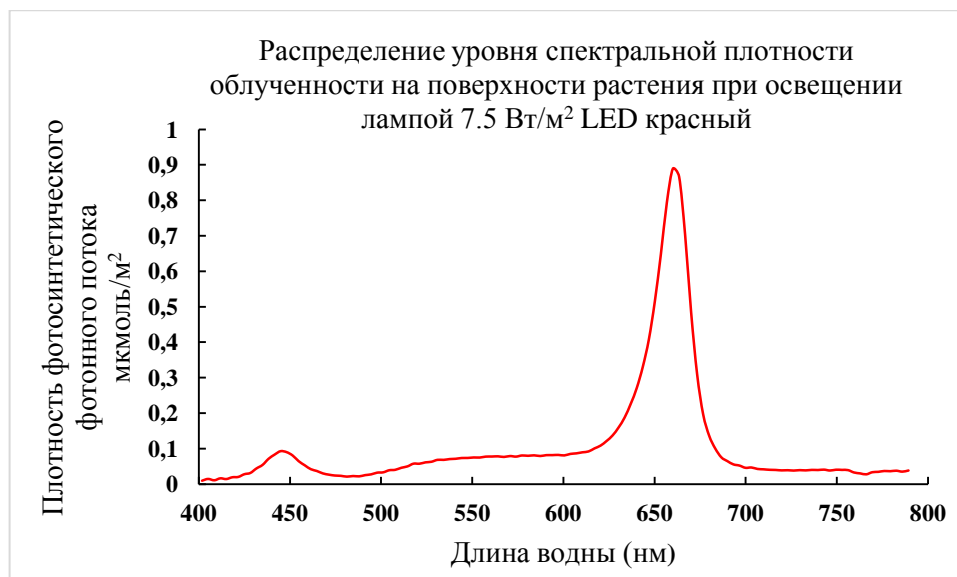


Рисунок 26 – Спектральная плотность облучённости на поверхности растений лампой с ФАР=7.5 Вт/м² LED красный

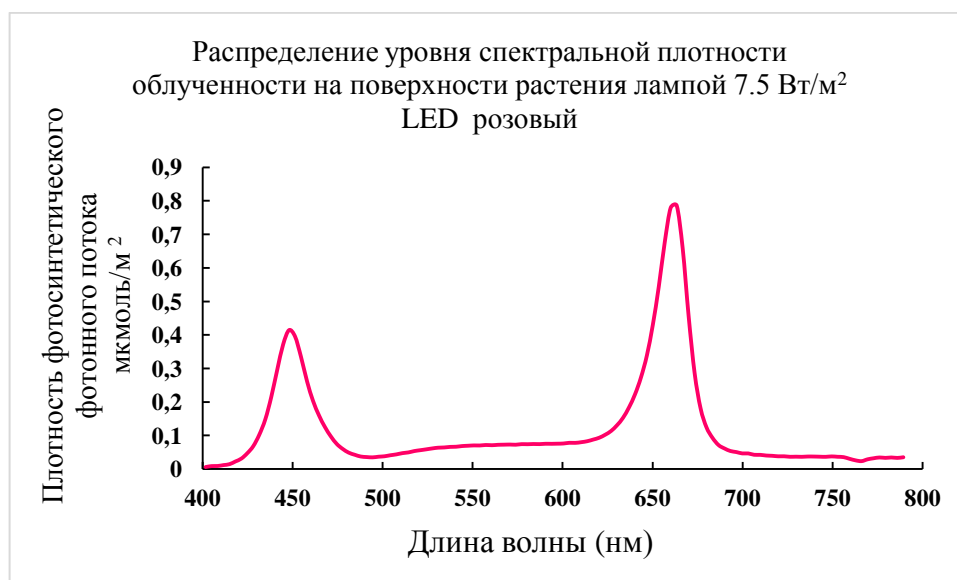


Рисунок 27 – Спектральная плотность облучённости на поверхности растений лампой с ФАР= 7.5 Вт/м² LED розовый.



Рисунок 28 – Спектральная плотность облученности на поверхности растений лампы с ФАР= 9.3 Вт/м²

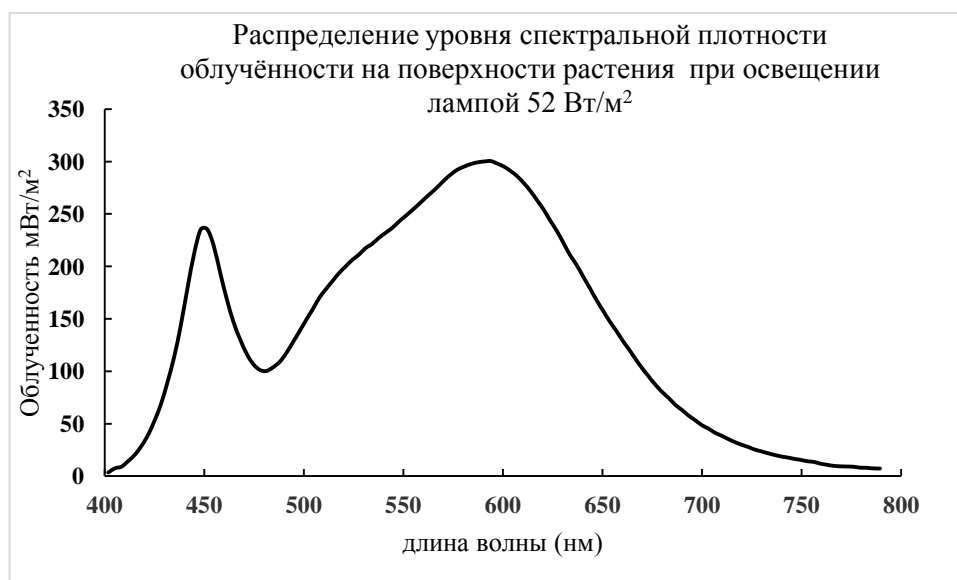


Рисунок 29 –Спектральная плотность облученности на поверхности растений лампой с ФАР= 52 Вт/м².

3.4 Обработка результатов

Данные по результатам при использовании ламп с разным уровнем ФАР облученности: 9.3 Вт/м², 16.2 Вт/м², 21 Вт/м², 30 Вт/м², 52 Вт/м², а также ламп разного спектра занесены в таблицы :5,6,7,8,9.

Таблица 5 – Результаты эксперимента при освещении лампой, с ФАР= 9.3 Вт/м², имеющей сплошной спектр

Дата	ФАР (Вт/м ²)	Номер ростка	L высота стебля (см)	а		b	
				Длина листа (см)	Ширина (см)		
23.04	9.3	1	5.5	1.6	1.6	1	1.2
		2	4	1.2	1	0.8	0,8
		3	2.5	0.9	0.9	0,4	0,6
		4	4	1.5	1.5	1	1
30.04		1	9.3	2.2	2.5	1.6	1.6
		2	7,5	1.9	2.1	1.4	1.4
		3	4	1.3	1.3	0.9	0.9
		4	5,5	1.7	1.8	1	1
		5	2,3	1.2	1.2	0.6	0.6
07.05		1	10.5	2.4	2.2	1.7	1.6
		2	8.6	2.2	2.1	1.6	1.6
		3	6.5	1.5	1.5	1,5	1.4
	4	6,2	1.8	1.7	1,2	1.2	
	5	3	1	1.2	0,9	1	

Таблица 6 – Результаты эксперимента при освещении лампой, с ФАР=16.2 Вт/м², имеющей сплошной спектр.

Дата	ФАР (Вт/м ²)	Номер ростка	L высота стебля (см)	а		b	
				Длина листа (см)	Ширина листа (см)		
23.04	16.2	1	5	1.7	1.7	1.2	1.4
		2	4	1	1.5	1.2	1.2
		3	2.5	0.8	0.8	1	1
		4	6	2	2.2	1.4	1.4
		5	4.6	1.5	1.5	1	1
		6	4.2	2.1	2.1	1.6	1.4
		7	4.5	1.8	1.8	1.2	1.2
		8	4.5	1.5	1.5	0.9	0.9
		9	4.3	1.3	1.3	0.9	0.9
		10	4.3	1.3	1.3	0.9	0.9
		1	7.5	3	2.5	1.8	1.7
		2	5	2.5	2.2	1.5	1.2
		3	6.6	2.1	2.5	1.5	1.5

30.04	16.2	4	4	1.3	1	0.8	0.5
		5	9.8	3.3	3.3	2	2
		6	9.2	2.7	2.5	1.8	1.8
		7	7.2	3	2.8	1.7	1.4
		8	7.3	2.9	2.7	1.8	1.7
		9	7.8	2	2	1.1	1.1
		10	8.5	3	2.7	1.5	1.7
		11	8	2.4	2.9	1.5	1.5
		12	8	2.4	2.9	1.5	1.5
07.05	16.2	1	6	2.9	2.9	1.5	1.8
		2	8.5	2.4	2.6	1.9	1.9
		3	9.5	3	3.3	1.7	1.8
		4	6	1.6	1.6	1.1	1.1
		5	5.8	1.2	1.2	0.9	0.9
		6	10.5	3.5	3.5	2	2

Таблица 7 –Результаты эксперимента просвещения лампой, с ФАР=21Вт/м², имеющей сплошной спектр.

Дата	ФАР (Вт/м ²)	Номер ростка	L высота стебля (см)	а		b	
				Длина листа (см)	Ширина листа (см)		
23.04	21	1	6	1.7	2	1	1
		2	5.2	1.6	1.6	0,9	0,8
		3	5	1.3	1.3	0.9	0.9
		4	4.5	2	2	1	1
30.04	21	1	9.7	2.4	2.4	1,3	1,3
		2	11	2	2	1.1	1.1
		3	8	2.1	2.1	1	1
		4	7.5	1.8	1.7	1.2	1.2
		5	3	0.9	1	1.2	1.2
07.05	21	1	11.2	2.7	2.5	1.9	1.9
		2	11	2.6	2.6	1.6	1.6
		3	10.5	2.5	2.4	1.5	1.5
		4	9.5	2,3	2,3	1.3	1.3
		5	5	1,6	1.6	1.5	1.5
		6	6	1.7	1.7	1.5	1.5
		7	11	3.3	3	1.6	1.8
		8	9.2	3	3	1.6	1.8
		9	10	2.4	2.4	1.2	1.2

		10	5.2	2.4	2.7	1.7	1.9
		11	6.7	2.1	2.2	1.2	1.3
		12	12.3	3.3	3	1.9	1.6

Таблица 8 –Результаты эксперимента при освещении лампой с ФАР=30 Вт/м² имеющей сплошной спектр.

Дата	ФАР (Вт/м ²)	Номер ростка Общ. кол-во 10	L высота стебля (см)	a		b	
				Длина листа (см)	Ширина листа (см)		
27.04	30	1	2.5	1.4	1.4	0.9	0.9
		2	2.2	1.2	1.2	0.9	0.9
		3	2.5	1	1	0.8	0.8
		4	2.4	1.5	1.5	1.2	1.2
		5	3.2	2	2	0.9	0.9
		6	4	1.6	1.6	1	1
		7	3.2	1.4	1.4	0.8	0.8
		8	3.2	1	1	0.6	0.6
30.04	30	1	4.5	2.9	2.9	1.2	1.2
		2	4	2	2	1.2	1.2
		3	5	3.2	3.2	2	1.9
		4	4.7	2.9	2.9	2.1	2.1
		5	6	3	3	1.2	1.4
		6	8	4.2	4.2	2.1	2.1
		7	5.7	3.4	3.4	1.5	1.5
		8	6	2.2	2.2	1.5	1.5
04.05		1	6.2	2	2.2	1.2	1.4
		2	7	2.3	2.5	1.5	1.4
		3	8	2.3	2.3	1.6	1.5
		4	7.5	2	2	1.5	1.5
		5	6.2	2.2	2.4	1.3	1.4
		6	5.1	1.2	1.2	1.1	1.1
		7	6.7	2.4	2.2	1.8	1.6
		8	7	2.4	2.4	1.6	1.4
		9	6.5	2.5	2.5	1.7	1.7
		10	4.2	1.2	1.2	1	1.1
		11	4.2	1.3	1.3	1.2	1.2
		12	7	2.4	2.5	1.6	1.7

Таблица 9 – Результаты эксперимента при освещении лампой, с ФАР =52 Вт/м².

Дата	ФАР (Вт/м ²)	Номер ростка Общ. кол-во 10	L высота стебля (см)	а		b	
				Длина листа (см)		Ширина листа (см)	
27.04	52	1	3.5	1.8	1.8	0.9	0.9
		2	3.2	1.5	1.5	1.1	1.1
		3	3	1.5	1.5	0.8	0.8
		4	2.7	1.2	1.2	1	1
		5	3.5	1.5	1.5	1	1
		6	2.5	1.2	1.2	0.9	0.9
		7	3.2	1.5	1.5	1.1	1.1
		8	3	1.5	1.5	1.1	1.1
		9	3.6	1.5	1.7	1.2	1.4
	52	1	6	2.5	2.4	1.4	1.4
		2	5.5	2	1.8	1.1	1.2
		3	4.5	2.9	2.3	1.9	1.9
		4	4.7	3	2.5	1.5	1.7
		5	5	2.7	2.5	2	1.8
		6	4	1.8	1.7	1.2	1.2
		7	5.3	2.2	2	1.5	1.5
		8	4	2	1.9	1.4	1.4
		9	5	2.8	2.7	2.7	2.2
07.05	52	1	5	1.5	1.5	1	1
		2	6.2	2.5	2.5	1.6	1.6
		3	7	2.3	2.4	1.5	1.5
		4	7.3	1.7	1.5	1.2	1.2
		5	5.2	1.6	1.6	1.2	1.2
		6	9	2.4	2.4	1.7	1.5
		7	7	2.1	2.2	1.2	1.2
		8	7	2.2	2.2	1.2	1.2
		9	7.5	2	2.1	1.5	1.5
		10	8.4	2.6	2.6	2.3	2.3
		11	7	1.7	1.5	1.3	1.3
		12	8	2.1	2.3	1.4	1.4

Далее были посчитаны средние значения высоты стебля, длины и ширины листьев. Полученные данные занесены в таблицы 10,11,12,13,14,15.

Расчет средних значений, как и замеров длины и ширины производился каждую неделю.

Таблица 10 – Среднее значение длины и ширины. При лампах имеющих разный уровень ФАР облученности 27.04.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Длина (Δa)	Ширина (Δb)
9.3	1.27	0.82
16.2	1.53	1.13
21	1.68	0.93
30	2.06	0.88
52	1.46	1.03

Таблица 11 – Среднее значение высоты стебля на 27.04. При лампах, имеющих разный уровень ФАР облученности.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Длина (ΔL)
9.3	4.00
16.2	4.39
21	5.17
30	2.90
52	3.11

Таблица 12 – Среднее значение 30.04 длины и ширины. При лампах, имеющих разный уровень ФАР облученности.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Длина (Δa)	Ширина (Δb)
9.3	1,72	1,10
16.2	2.52	1.95
21	1.84	0,58
30	2.97	1.60
51	2,26	1.61

Таблица 13 – Среднее значение высоты стебля за 30.04. При лампах, имеющих разный уровень ФАР облученности.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Высота(ΔL)
9.3	5,72
16.2	7.40
21	7.84
30	5.48
51	4.88

Таблица 14 – Среднее значение 04.05 длины и ширины. При лампах разного уровня ФАР облучённости.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Длина (Δa)	Ширина (Δb)
9.3	1.76	1.37
16.2	2.61	1.53
21	2.31	1.56
30	2.04	1.42
52	1.88	1.32

Таблица 15 – Среднее значение высоты стебля за 04.05. При лампах разного уровня ФАР облученности.

Уровень ФАР (Вт/м ²)	Высота (ΔL)
9.3	6,96
16.2	8.90
21	9.44
30	6.30
52	6.47

Наиболее точным способом определения площади листьев является использование расчетных коэффициентов, а также произведение средних значений длины и ширины листа. Использование этой методики расчёта позволяет наблюдать за изменением площади листьев на протяжении длительного времени и определять важный физиологический параметр – скорость фотосинтеза. Расчетный коэффициент 0,67 для семейства подсолнуха сорта «Лакомка» был [15].

Наиболее точным способом определения площади листьев является использование расчетных коэффициентов, а также произведение средних значений длины и ширины листа. Использование этой методики расчёта позволяет наблюдать за изменением площади листьев на протяжении длительного времени и определять важный физиологический параметр – скорость фотосинтеза.

Пересчёт площади листьев производился по общей формуле пересчета (1) с имеющимися значения Δa и Δb. Данные пересчета площади листьев за период эксперимента представлены в виде формул и сводной таблицы 16.

$$S_{л} = \Delta a \cdot \Delta b \cdot k - \text{Общая формула пересчета. (1)}$$

$$k = 0.67$$

Пересчет площади листьев за 27.04 с изменяющимся параметром-длины и ширины.

$$S_{л} (\text{при } 9.3 \text{ Вт/м}^2) = 1.27 \cdot 0.87 \cdot 0.67 = 0.740 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 16.2 \text{ Вт/м}^2) = 1.53 \cdot 1.13 \cdot 0.67 = 1.158 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 21 \text{ Вт/м}^2) = 1.68 \cdot 0.93 \cdot 0.67 = 1.040 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 30 \text{ Вт/м}^2) = 2.06 \cdot 0.88 \cdot 0.67 = 1.214 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 52 \text{ Вт/м}^2) = 1.46 \cdot 1.03 \cdot 0.67 = 1.007 \text{ , см}$$

Пересчет площа листьев за 30.04 с изменяющимся параметром-длины и ширины.

$$S_{л} (\text{при } 9.3 \text{ Вт/м}^2) = 1.72 \cdot 1.10 \cdot 0.67 = 1.270 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 16,2 \text{ Вт/м}^2) = 2.52 \cdot 1.95 \cdot 0.67 = 3.290 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 21 \text{ Вт/м}^2) = 1.84 \cdot 0.58 \cdot 0.67 = 1.710 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 30 \text{ Вт/м}^2) = 2.97 \cdot 1.60 \cdot 0.67 = 3.180 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 52 \text{ Вт/м}^2) = 2.26 \cdot 1.61 \cdot 0.67 = 2.430 \text{ , см}$$

Пересчет площа листьев за 07.04 с изменяющимся параметром-длины и ширины.

$$S_{л} (\text{при } 9.3 \text{ Вт/м}^2) = 1.76 \cdot 1.37 \cdot 0.67 = 1.610 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 16,2 \text{ Вт/м}^2) = 2.61 \cdot 1.53 \cdot 0.67 = 2.67 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 21 \text{ Вт/м}^2) = 2.31 \cdot 1.56 \cdot 0.67 = 2.41 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 30 \text{ Вт/м}^2) = 2.04 \cdot 1.42 \cdot 0.67 = 1.94 \text{ , см}$$

$$S_{л} (\text{при } 52 \text{ Вт/м}^2) = 1.88 \cdot 1.32 \cdot 0.67 = 1.66 \text{ , см}$$

Данные о динамике изменения площади листа представлены на в виде таблицы 17.

Таблица 16 – Изменение площади листа за период эксперимента

ФАР (Вт/м ²)	$S_{л}$ 1 неделя	$S_{л}$ 2 неделя	$S_{л}$ 3 неделя
9.3	0.740	1.27	1.61
16.2	1.158	3.29	2.67
21	1.040	1.71	2.41
30	1.214	3.18	1.94
52	1.007	2.43	1.66

По данным эксперимента была выбрана мощность светодиодов для конструкции фитосветильника. Целесообразно использовать осветительные приборы 10Вт, так как этот спектр наиболее благоприятен для роста и развития испытываемого сорта подсолнуха.

После проведения эксперимента для проверки достоверности полученных результатов была измерена масса листьев и ростков при освещении лампами разной мощности. Данные по измерениям занесены в свободную таблицу результатов 16.

Таблица 17 – Сводная таблица массы листьев и ростков

ФАР (Вт/м ²)	Масса листов	Масса ростков	ΔВысота стебля	Площадь листа
Размерность	гр	гр	см	см
9.3	0,36	0,22	6,96	1.61
16.2	0,51	0,31	8,90	2,67
21	0,60	0,35	7.48	2.41
52	0,40	0,25	6.30	1.94
50 Вт	0,43	0,18	7.05	1.66

3.5 Анализ результатов

На основании полученной зависимости роста площади листа, массы листа от энергетической освещенности (ФАР) и спектров использованных ламп, были построены графики «Эффективности роста». Уровни ФАР облученности представлены в таблице 18. График зависимости площади листа от уровня ФАР облученности представлен на рисунках 30.

Таблица 18 – Значение ФАР

Мощность ламп (Вт)	Значение ФАР (Вт/м ²)
5	9
10	17
15	24
25	30
50	52

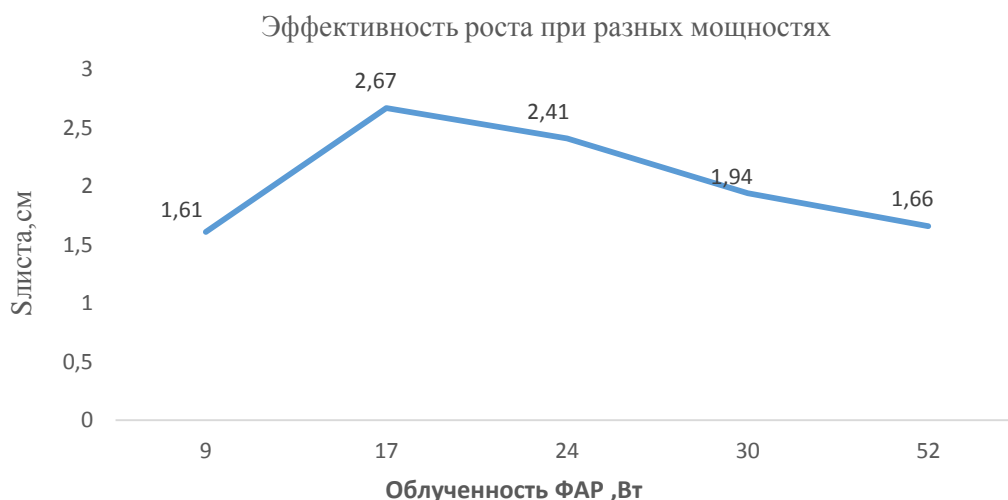


Рисунок 30 – Эффективность роста при разных мощностях ламп

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что для максимально эффективного роста культуры подсолнуха сорта «Лакомка» достаточно использовать лампы 10 Вт с уровнем ФАР облученность 16.2 Вт/м², этот вариант является наиболее энергоэффективным, нежели лампы 25 и 50 Вт. При освещении лампами 25-50 Вт, наблюдался, переизбыток света известно, что при этом хлорофилл частично разрушается и цвет листьев становится желто-зеленым. Появление такой окраски листьев говорит о избытке света. При избытке света рост растений замедляется, они перестают тянуться к свету, их листья становятся большими и короткими. Если не принимать меры, то может возникнуть ожог поверхности листа. Внешний вид растения подсолнуха сорта «Лакомка» при освещении лампами 15-25Вт представлен на рисунке 31.



Рисунок 31 – Слева — при освещении лампой 50 Вт ($\Phi AP = 52 \text{ Вт/м}^2$).
Справа — при освещении лампой 5 Вт ($\Phi AP = 9.3 \text{ Вт/м}^2$).

Для сравнения на рисунке 32 представлен внешний вид растения при освещении лампами 5 Вт. При освещении лампами 5 Вт с ΦAP облученностью 9.3 Вт/м^2 наблюдалась нехватка света. Об этом можно сделать вывод из внешнего вида растения, удлинение стебля и уменьшение листовой пластины. Листья и стебли недоразвиваются, все клеточные стенки их тоньше, они менее противостоят внешнему воздействию.



Рисунок 32 – Внешний вид растения при освещении лампами 5 Вт ($\Phi AP = 9.3 \text{ Вт/м}^2$)

При освещении лампами мощность 10 Вт имеющих уровень ΦAP облученности 16.2 Вт/м^2 наблюдалось равномерное развитие стебля и листьев. Все ростки имеют в среднем одинаковую высоту стебля и длину листьев. По окрасу у листьев преобладает зеленый цвет. Что свидетельствует

о нормальном уровне хлорофиллов. Внешний вид листьев представлен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Внешний вид растения при освещении лампами 10Вт
(ФАР=16.2 Вт/м²)

4 Моделирование фитосветильника

4.1 Подбор и исследование материалов для конструкции отражателя

Важным фактором при выборе материалов для конструкции является качество материалов и удобство эксплуатации, а также доступность на рынке. Так как фитолампы предполагается использовать в домашних условиях, материалы конструкции должны легко подвергаться чистке от пыли и различных загрязнений. Очень важным фактором для конструкции является коэффициент отражения выбранного материала отражающих шторок. Так как свет, создаваемый диодами для наибольшей эффективности должен отражаться и весь попадать на растение.

4.2 Исследование спектров отражения материалов

Предварительно проведя анализ используемых материалов для конструкций фитолампы и фитотронов на рынке производителей. Были измерены спектры отражения некоторых наиболее часто используемых

материалов. Таких как образцы алюминия фирмы Alanod (Miro 20, MiroSilver 27, White 98 Film, WOMetal) а также, вспененный картон, пищевая фольга, акрил 6мм, материал прожектора и оконная фольга. Измерение спектров производилось с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec 2048 USB2. Данные спектрометры применяются для измерения отношений двух потоков оптического излучения, один из которых — поток, падающий на исследуемый образец, другой — поток, испытавший то или иное взаимодействие с образцом. Позволяет производить измерения для различных длин волн оптического излучения, соответственно в результате измерений получается спектр отношений потоков. Обычно используется для измерения спектров пропускания или спектров отражения излучения.

Преимуществом данных измерительных систем является многофункциональность, т.к. одна и та же система может работать как спектрометр, спектрофотометр, флуориметр, рефлектометр за счет изменения конфигурации спектрометрической системы. Внешний вид прибора представлен на рисунке 33 [15].



Рисунок 33 –Оптоволоконного спектрометра AvaSpec 2048 USB

В ходе измерений были получены графики зависимости коэффициента отражения от длины волны материалов. Результаты графиков отображены на рисунках ниже (рисунки34-38).

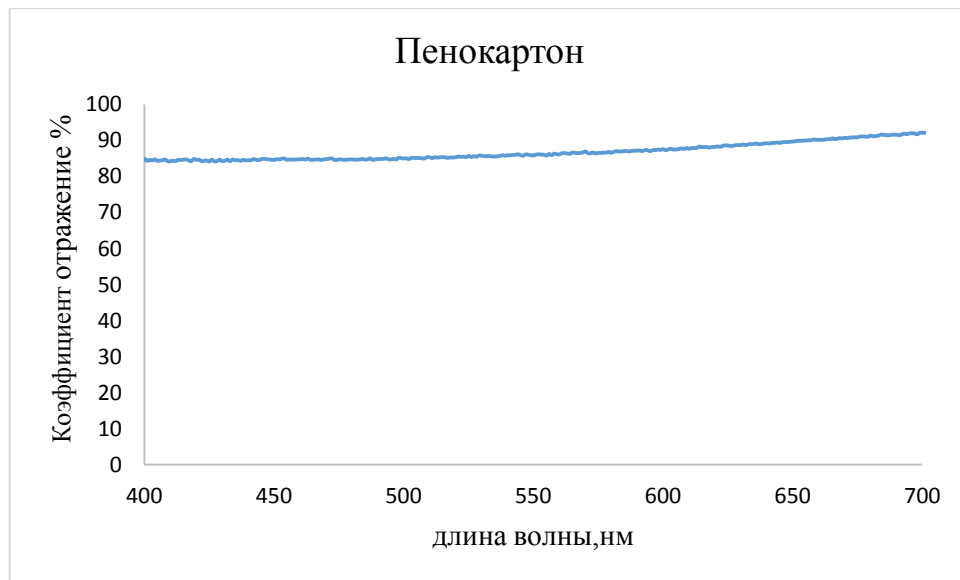


Рисунок 34 – Зависимость коэффициента отражения вспененного картона от длины волны

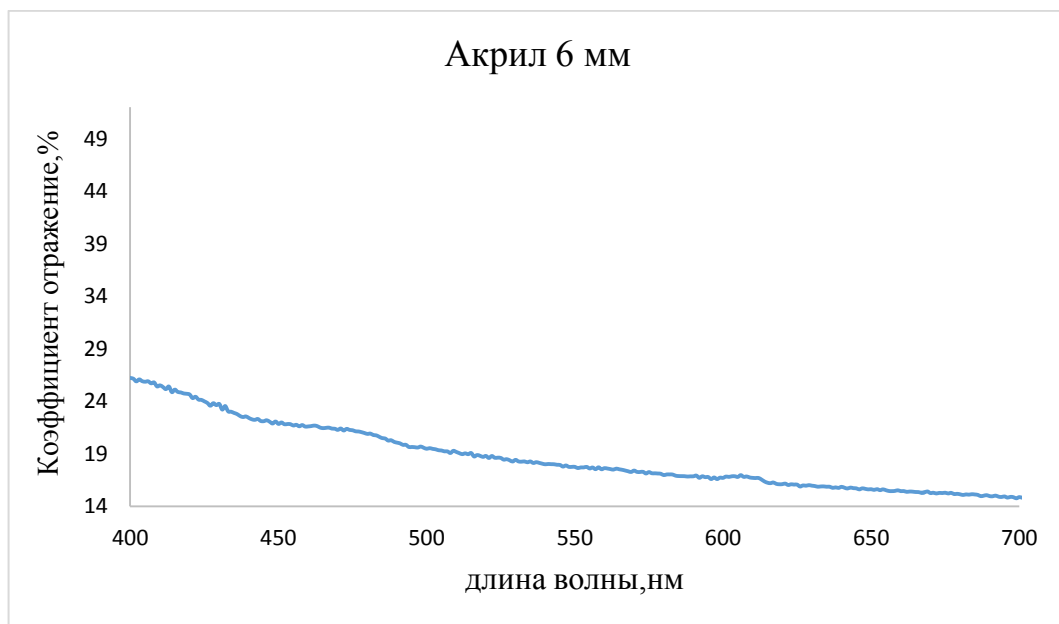


Рисунок 35 – Зависимость коэффициента отражения акрила от длины волны

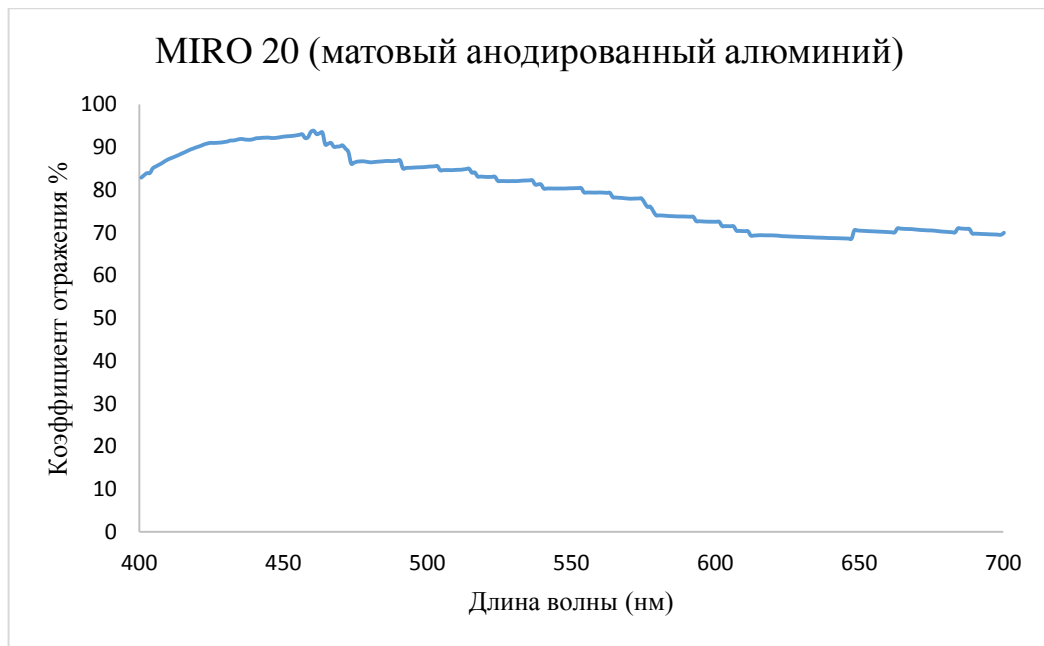


Рисунок 36 – Зависимость коэффициента отражения MIRO 20 от длины ВОЛНЫ

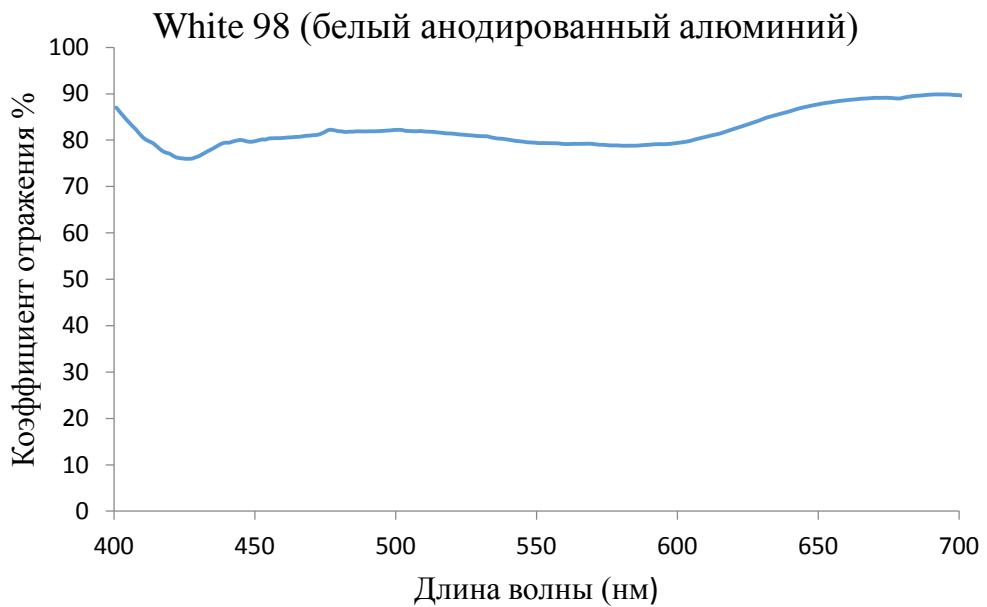


Рисунок 37 – Зависимость коэффициента отражения White 98 от длины ВОЛНЫ

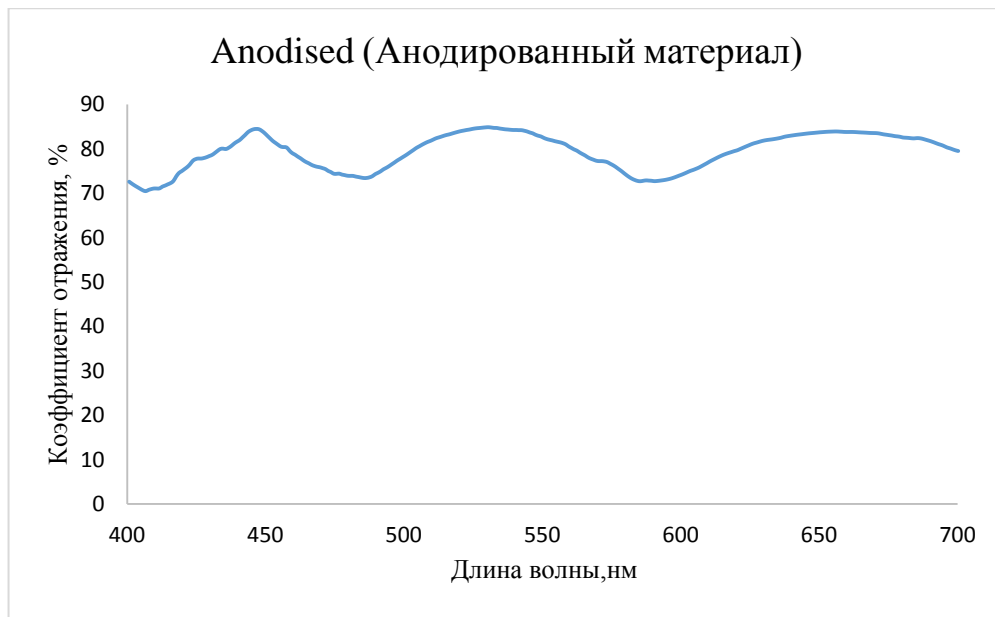


Рисунок 38 – Зависимость коэффициента отражения Anodised от длины ВОЛНЫ

Для сравнения и выбора материала для отражающих шторок, графики были объединены. Объединенные графики зависимости коэффициента отражения материалов от длины волны представлены на рисунках 39,40.

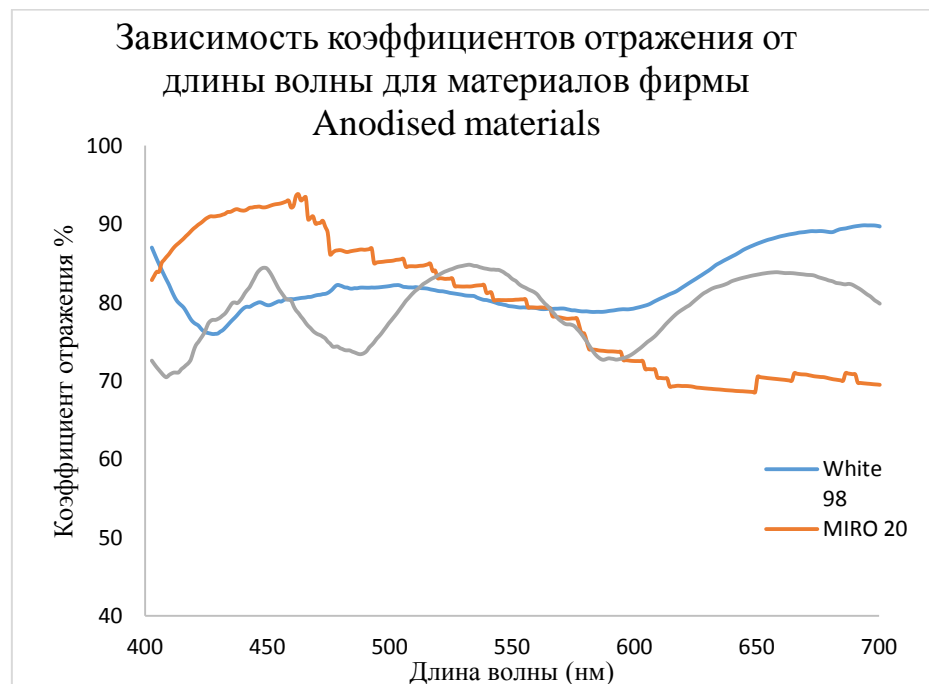


Рисунок 39 –Зависимость коэффициента отражения от длины волны для материалов фирмы Anodisedmaterials

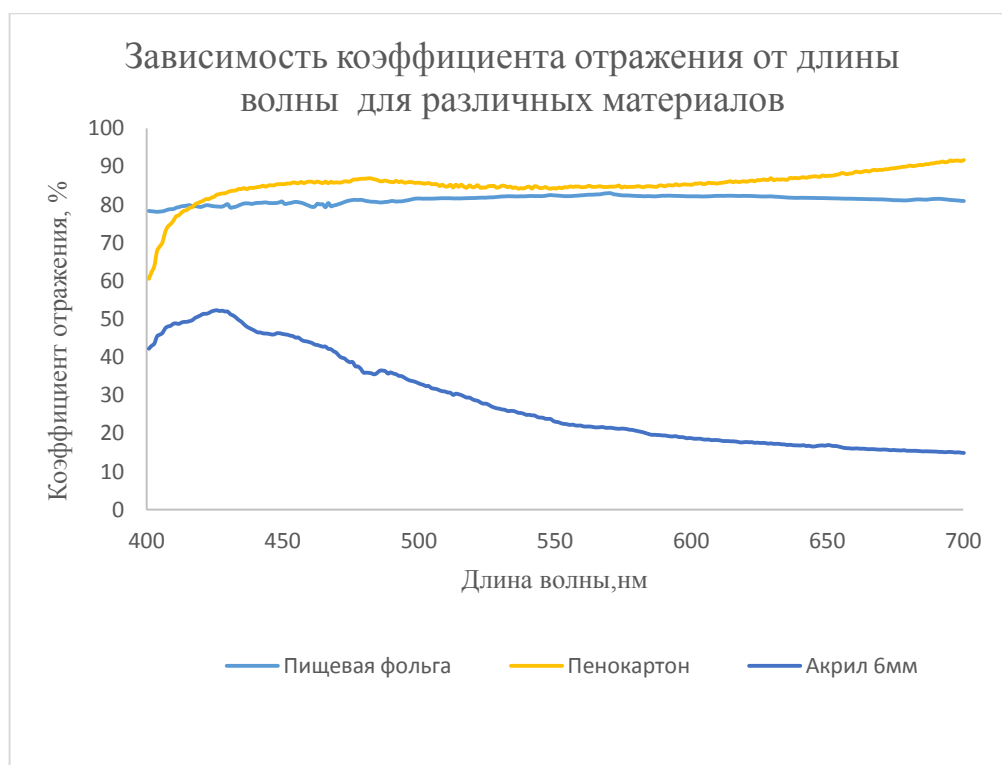


Рисунок 40 – Зависимость коэффициента отражения от длины волны для различных материалов.

После исследования зависимости коэффициента отражения материала от длины волны. В качестве отражающих шторок для фитосветильника, была выбрана оконная фольга. Выбор обусловлен большим показателем отражения, а также дешевизной материала и легкой замены.

4.3 Эскизная модель в Adobe Photoshop и KeyShot

Все объекты, окружающие нас, обладают формой. Закономерности формообразования основаны на особенностях зрительного восприятия человека.

Формообразование конструкции фитосветильника производилось в 2 этапа:

1. Эскизная модель в Adobe Photoshop.
2. Рендер в KeyShot.

Adobe Photoshop-многофункциональный графический редактор, разработанный фирмой AdobeSystems. Позволяет работать с растровыми

изображениями, так же имеет векторные инструменты. Основным преимуществом данного программного обеспечения является возможность экспортировать и импортировать основной формат PSD многими программными продуктами. Adobe Photoshop CS3 в версии Extended поддерживает также работу с трёхмерными слоями. В связи с высокой популярностью Adobe Photoshop CS3 поддержка специфического формата PSD была реализована во многих графических программах[16]. Рендер эскизной модели производился в программном обеспечении KeyShot.

KeyShot- это рендер в режиме реального времени. Он позволяет создать фотореалистичные рендеры в короткие сроки. На рисунке 42 представлен рендер эскизной модели домашнего фитотрона. Эскиз фитосветильника выполнен в градиентах серого цвета, для наглядности модели. Эскиз представлен на рисунке 42.



Рисунок 41 – Эскиз фитосветильника в Adobe Photoshop.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является анализ перспектив, успешность и целесообразность научно-исследовательского проекта.

Достижение поставленных целей обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала исследования;
- составление календарного плана и графика работ;
- проведение оценки стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов исследования;
- составление сметы на организацию исследования;
- оценка ресурсосберегающей и экономической эффективности.

5.1 Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской проектной работы

Темой ВКР является «Разработка энергоэффективного фитосветильника бытового назначения»

Научная работа посвящена разработке и конструированию светодиодного фитосветильника бытового назначения, а также, тепловому расчёту и анализу эффективности искусственной досветки растений при различных режимах. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методик досветки.

На сегодняшний день все тепличные и комнатные растения нуждаются в дополнительных источниках подсветки. Это обусловлено, тем что освещения в помещениях бывает недостаточно, так же в зимний период, растения испытывают так называемое «световое голодание», в связи с сокращением светового дня в этом промежутке года. В таких условиях фотосинтез, являющийся основой жизни растений, замедляется и комнатные растения с трудом доживают до летнего периода года.

Обеспечить растения светом необходимым для нормального развития можно с помощью домашних фитосветильников и специально подобранного режима искусственной досветки. Спектр излучения специально подобран таким образом, что эффективно стимулирует процесс фотосинтеза в растениях;

5.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Данный проект является исследовательским, но имеет коммерческий потенциал. Проект выполнен в рамках ВКР. Потенциальными потребителями данного исследования являются граждане России, а также, расположенные на территории Российской Федерации агропромышленные комплексы и фирмы, производящие фитосветильники.

Проведем сегментирование рынка потребителей. Сегментирование для коммерческих организаций произведем по следующим критериям: размер фирмы и выпускаемая продукция.

Таблица 19 – Карта сегментирования рынка

Размер компании	Выпускаемая продукция- Светильники		
	ЛЛ Розовый спектр	FitoLED Красный - Синий спектр	ДРИЗ и ДНАЗ Полный- Белый спектра
Малые	Фирма А	Фирма В	
Средние	Фирма Б	Фирма Г	Фирма Е
Крупные		Фирмы Д	

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке производства фитосветильников не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

Результат сегментирования:

- к основному сегменту данного рынка относятся средние и мелкие компании по производству фитосветильников;
- наиболее перспективным сегментом является предложение проекта компаниям мелкого размера;
- сегментом рынка, привлекательным для предприятия в будущем, является предложение проекта средним компаниям;

Проведем сегментирование для физических лиц.

Сегментирование для физических лиц проводится по следующим критериям: возраст и уровень дохода жителей РФ. В таблице 20 приведена карта сегментирования рынка потребителей по возрастной категории и уровню дохода.

Таблица 20 – Карта сегментирования рынка

Уровень дохода	Возрастная категория		
	15-30лет	30-45 лет	45-60лет
Низкий			
Средний			
Высокий			

В приведенном примере карты сегментирования физических лиц показаны, основные сегменты рынка потребителей, основанного на возрастной категории и уровне дохода.

Результат сегментирования:

- к основному сегменту данного рынка относятся граждане РФ в возрастной категории (от 30-45 лет) имеющие средний ежемесячный доход;
- наиболее перспективным сегментом является предложение проекта гражданам, имеющим средний уровень дохода;

5.3 Планирования комплекса работ по проведению НИР

Участниками проводимого исследования являются 2 человека:

Ассистент кафедры Лазерной и световой техники - Туранов С.Б.

Студент группы 4в41 -Кононова Т.А.

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим исследование на этапы, представленные в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	руководитель; студент
Проведение ВКР			
Выбор направления исследования	2	Литературный обзор по соответствующей тематике	Студент
	3	Патентный обзор по данной тематике	студент
	4	Календарное планирование работ	руководитель; студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка установок к посадке растений культуры семян подсолнуха «Лакомка»	руководитель; студент
	6	Подбор и подготовка осветительных приборов	руководитель; студент
	7	Измерение ФАР	руководитель; студент
	8	Проведения эксперимента	руководитель; студент
Обобщение и	9	Анализ	руководитель;

оценка результатов		полученных результатов	студент
	10	Оценка эффективности типов досветки	руководитель; студент
	11	Выбор режима досветки	студент
Моделирование Фитосветильника	12-13	Построение модели в программном обеспечении Adobe Photoshop и KeyShot	студент
Оформление отчета (комплекта документации)	14	Сдача отчета по НИР	студент

5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоёмкости работ используется опытно-статистический метод расчёта ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{маxi}}{5},$$

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

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

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

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k ,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

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

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}} ,$$

где $T_{КГ}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1,48 .$$

Длительность этапов в рабочих днях. Следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Временные показатели проведения НИИ

№ Работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{\min} , чел.-дн.	t_{\max} , чел.-дн.	$t_{\text{ож}}$, чел.дн.	T_p , раб.дн.	T_k , кал.дн.
1	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	1	3	1,8	0,9	1
2	Кононова Т.А.	7	10	8,2	8,2	12
3	Кононова Т.А.	7	10	8,2	8,2	12
4	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	2	3	2,4	1,2	2
5	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	4	7	5,2	2,6	4
6	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	3	8	5	2,5	4
7	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	1	2	1,4	0,7	1
8	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	21	30	24,6	12,3	18
9	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	7	10	6,8	3,4	5
10	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	1	2	1,4	0,7	1
11	Туранов С.Б., Кононова Т.А.	1	2	1,4	0,7	1
12	Кононова Т.А.	1	3	1,8	1,8	3
13	Кононова Т.А.	4	6	4,8	4,8	7
14	Кононова Т.А.	3	7	4,6	4,6	7
ИТОГО						78

Вывод: на выполнение НИИ требуется 78 календарных дней.

5.5 Построение графика работ

В качестве графика можно использовать диаграмму Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График строится в рамках таблицы 23.

Таблица 23 – Диаграмма Ганта

Этапы	Вид работы	Исполнители	<i>k</i>	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
2	Литературный обзор по соответствующей тематике	Кононова Т.А.	2					
3	Патентный обзор по данной тематике	Кононова Т.А.	2					
4	Календарное планирование работ	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
5	Подготовка установок к посадке растений культуры семян подсолнуха «Лакомка»	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
6	Подбор и подготовка осветительных приборов	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
7	Измерение ФАР	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
8	Проведения эксперимента	Кононова Т.А.	8					
9	Анализ полученных результатов	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
10	Оценка эффективности типов досветки	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						
11	Выбор режима досветки	Туранов С.Б., Кононова Т.А.						

Материальные затраты, произведенные для выполнения данного научно-технического исследования, представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Семена	Шт.	60	1,38	82,8
Кассеты для рассады	Шт.	10	1,4	14
Канцелярские товары (линейка)	Шт.	1	100	100
Интернет и связь	м/байт (пакет)	1	250	250
Электроэнергия	кВт/ч	40	2,7	108
Итого:				554,8

5.7 Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов

В данном разделе учитываются все затраты, которые связаны с приобретением оборудования, необходимого для проведения исследовательской работе. Для данного исследования оборудование отдельно не приобреталось, поэтому рассчитать следует амортизацию оборудования, которое уже было в наличии и использовалось для экспериментов.

Рассчитаем амортизацию по следующей формуле:

$$Z_{об} = \frac{(Ц \cdot F_{ф})}{(F_{н} \cdot F_{сс})}$$

где Ц- цена оборудования, руб.; $F_{н}$ - номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч.; $F_{сс}$ - срок службы оборудования, год; $F_{ф}$ - фактическое время занятости оборудования в ВКР, ч.

$$F_{н} = (365 - T_{вых}) \cdot t_{раб} = (365 - 118) \cdot 8 = 1976ч.$$

Амортизация использовавшегося оборудования представлена в таблице 25:

Таблица 25 – Затраты на амортизацию оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Срок службы, г	Время занятости, ч.	Затраты на амортизацию, руб.
1	Спектрометр ФАР	88 500	4	15	13 436
2	Светодиодные лампочки 5,10,15 Вт	51	2	84	1,084
3	Светодиодная лампочка мощностью 25Вт	163	3	84	2,309
4	Светодиодная лампочка мощностью 50 Вт	512	3	84	7,255
Итого:					13 446

5.8 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается основная заработная плата всех участвующих в выполнении работы дипломной работы. Данные об окладе в зависимости от трудоемкости работ служат основой для расчета заработной платы.

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн.}} \cdot T_p,$$

где T_p - продолжительность работ, выполняемых научно- техническим сотрудником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн.}}$ - среднедневная заработная плата сотрудника, руб.

$$Z_{\text{дн.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m - месячный оклад сотрудника, руб.;

M - количество месяцев работы без отпуска в течение года, 10,4;

F_d - действительный годовой фонд времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 26 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные дни; -праздничные дни	56	56
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	261	261

Месячный должностной оклад сотрудника рассчитывается следующим образом:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

$k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ - коэффициент доплат и надбавок в диапазоне от 0,2-0,5;

$k_{\text{р}}$ - районный коэффициент равный 1,3.

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{\text{т}}$	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$	$Z_{\text{дн.}}$	$T_{\text{р}}$	$Z_{\text{осн}}$
Руководитель	19 148	1	19 148	0,3	0,2	1,3	37 338	1001	25	25 025
Студент	9 983	1	9 893	0,3	0,2	1,3	19 291	517	50	25 850
Итого:										50 875

5.9 Страховые отчисления

Отчисления в этой статье производят согласно нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Отчисления считаются следующим образом:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

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

Таблица 27 – Отчисления внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная зарплата	$Z_{\text{внеб}}$
Руководитель	25 025	6 781
Студент	25 850	7 005
Итого:		13 786

5.10 Накладные расходы

В этой статье учитываются все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов. Определим величину накладных расходов по следующей формуле:

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

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

$$Z_{\text{накл}} = 19\,796 \cdot 0,16 = 6527 \text{ руб.}$$

5.11 Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта

Все расчеты, произведенные в предыдущих статьях, являются основой для формирования бюджета научно- исследовательского проекта. Определение бюджета затрат на НИИ по каждой статье приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	554,8	
2. Амортизация на	13 446	

специальное оборудование		
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	50 875	Суммарная величина обоих исполнителей
4. Отчисления во внебюджетные фонды	13 786	Суммарная величина обоих исполнителей
5. Накладные расходы	6527	
6. Бюджет затрат НИИ	85 118	

5.12 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Расчет интегрального показателя эффективности определяет искомую эффективность. Так как в данной работе рассматривается только один вариант исполнения, то эффективность можно найти следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i - балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

В таблице 29 отображена сравнительная оценка вариантов исполнения проекта.

Таблица 29 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5

3. Помехоустойчивость	0,15	4
4. Энергосбережение	0,2	4
5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,15	5
ИТОГО:	1	

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,3$$

По пятибалльной шкале значение показателя, соответствующего данной разработке, можно отнести к хорошему значению ресурсоэффективности, то есть, в целом, и эффективность разработки тоже на высоком уровне.

Вывод: в данном разделе бакалаврской работы был проведён анализ потенциальных потребителей разрабатываемого проекта, выполнено планирование проектной работы и бюджета НИР.

Планирование научно-исследовательского проекта показало, что для выполнения всего проекта необходимо затратить 78 дней. Следовательно, работа может быть выполнена за 2,5 месяца.

Бюджет данного научно-исследовательского проекта составил 85 118 рублей.

6 Социальная ответственность

6.1 Производственная безопасность

Данная работа посвящена разработке и конструкции фитосветильника бытового назначения, анализу эффективности искусственной досветки растений, а также подборке энергоэффективного режима.

Раздел «Социальная ответственность» посвящен анализу обеспечения благоприятных условий для реализации ВКР. Проведению анализа вредных факторов, таких как: отклонение микроклимата в помещении, уровень шума, уровень вибрации, избыток электромагнитного излучения. Методы обеспечения безопасности при написании дипломной работы.

Проведению анализа санитарно-гигиенических условий труда применительно к рабочему месту студента, где проводилась разработка ВКР. Основным рабочим местом служила лабораторный кабинет № 13, корпуса 11а ТПУ.

Основная часть работы выполнялось на персональном компьютере, что приводит к вредным воздействиям на человека. Рассмотрим влияние компьютера оказываемое на здоровье человека. Оно характеризуется:

- постоянным сидячим положением;
- большим зрительным напряжением;
- монотонными повторяющимися нагрузками на руки;
- нервно-эмоциональным напряжением, связанным с влиянием компьютера на психику человека.

Основные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека при работе за компьютером:

- мерцание монитора (влияет на глаза);
- режим работы (необходим перерыв на отдых);
- шум (раздражает);
- стесненная поза (действует на позвоночник);
- электромагнитное излучение.

6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

На здоровье и работоспособность человека в процессе трудовой деятельности оказывает влияние совокупность факторов производственной среды и трудового процесса.

По характеру воздействия опасности на человека они подразделяются на опасные и вредные производственные факторы. Опасные факторы оказывают негативное воздействие на человека, которое приводит к внезапному ухудшению самочувствия, могут служить причиной острого заболевания или же привести к летальному исходу. Вредные факторы в свою очередь, вызывают временное или долгое снижение работоспособности, повышает частоту соматических и инфекционных заболеваний

Основная часть работы инженера-проектировщика на прямую связана с умственной деятельностью, поэтому интеллектуальные нагрузки оказывают влияние не только на состояние центральной нервной системы, но и на общее самочувствие в целом [17].

В таблице 30 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 30 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы [18].

<i>Наименование видов работ</i>	<i>Воздействующие факторы</i>	<i>Тип воздействия</i>	<i>Нормативные документы</i>
1. Проведение измерений (работа со спектрометром «ТКА-Спектр»)(ФАР).	<i>Отклонение показателей микроклимата</i>	<i>Вредное</i>	<i>СанПиН 2.2.4.548 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</i>
	<i>Превышение уровней шума и вибрации</i>	<i>Вредное</i>	<i>ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.</i>

	<i>Поражение электрическим током</i>	<i>Опасное</i>	<i>СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.</i>
<i>2. Работа с персональным компьютером</i>	<i>Поражение электрическим током</i>	<i>Опасное</i>	<i>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</i>

Вредные факторы, приведенные в данной таблице, на практике могут приводить к нарушению зрения, вызывать быструю усталость, снижение внимательности и работоспособности. При опасных факторах возможно получение кожных заболеваний, нарушение процессов жизнедеятельности организма (судороги, потеря сознания и т.д.)

6.3 Производственная санитария

6.3.1 Уровень шума на рабочем месте

Промышленная санитария (производственная) представляет собой систему организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие опасных производственных факторов на рабочих.

Шум является наиболее распространённым вредным фактором производства. Шум может создавать работающее оборудование, имеющие подвижные части, инструменты в процессе использования в том числе и примитивный ручной инструмент. Кроме производственного шума, значимую роль играет бытовой и природный шум (транспорт, птицы и т. д.)

Согласно требованию, СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 защита и уровень шума в помещении, в котором работает инженер-проектировщик не должно превышать 50 дБА [19]. Уровень шума в кабинете где проходило основная часть написания дипломной работы колеблется от 30 до 35 дБА. Следовательно, что данный кабинет соответствует требованиям СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и уровень шума не достигает критичной отметки.

6.4 Показатели микроклимата

В зависимости от характеристик отдельных категорий работ, можно отнести работу инженера-проектировщика к категории Ia. Параметры микроклимата для данной категории работ: температура 22-24°C, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха 0,1-0,2 м/с [20].

Параметры микроклимата в рабочем помещении регулируются системой центрального отопления, естественной приточно-вытяжной вентиляцией и имеют следующие значения: относительная влажность воздуха 40-60 %, скорость движения воздуха до 0,1 м/с летом и 0,1-0,2 м / с зимой, летняя температура 22-24 °с зимой 23 – 25 °С, эти значения поддерживаются автоматической системой кондиционирования.

Общая площадь рабочего помещения составляет 15,2 м² (длина А=3,7м, ширина В=4м), высота (С=2,7). В помещении располагается 1 рабочее место. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарная норма составляет 4,5 м² на одного человека. Таким образом, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

6.5 Электромагнитное излучение

Источником электромагнитного излучения при проведении научно-исследовательских работ являются дисплеи ПК. Компьютерный монитор включает в себя ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, а также

широкий диапазон электромагнитных волн других частот. При выполнении ВКР использовался ЖК-монитор – TFT LCD.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в СанПиН 2.2.4./ 2.1.8.055-96 [21]. В случае защиты от внешнего излучения, возникающего при работе с дисплеем, выполняются следующие мероприятия: установка регулируемых перерывов в работев 8-часовой рабочий день по 15 минут каждый час; установка дисплея на расстоянии от оператора не менее 60-70 см; использование дисплеев со встроенными защитными экранами.

6.6 Электрическая безопасность

Действие электрического тока на организм характеризуется основными поражающими факторами:

1) электрическим током, который возбуждает мышцы тела, приводящий к судорогам, остановке дыхания и сердца;

2) электрические ожоги, возникающие в результате выделения тепла по мере прохождения тока через организм человека. В зависимости от параметров электрической цепи и состояния человека может возникнуть покраснение кожи, ожог с образованием пузырей или обугливанием тканей; при расплавлении металла происходит металлизация кожи с проникновением в нее кусочков металла.

Инженер-проектировщик, работающий с электроприборами:
компьютер

(дисплей, системный блок, мышь и клавиатура), принтер, источник бесперебойного питания и сетевой фильтр. В этом случае существует опасность поражения электрическим током:

- при непосредственном касании частей ремонтной ПК;
- когда вы касаетесь деталей под напряжением (в случае нарушения изоляции живых частей, персонального компьютера);
- при контакте с полом, стенами, под напряжением;

– существует опасность короткого замыкания в высоковольтных устройствах: блок питания и развертку дисплея.

Кабинет № 13 в 11а корпусе – помещение с нормальной температуры воздуха, без пыли, достаточно сухое, следовательно, помещение можно отнести к классу помещений без повышенного риска: переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолирована, пол покрыт электроизоляционным покрытием. Корпус компьютера выполнен из металла лист, имеет высокую механическую прочность, корпус покрыт непроводящим полимером. Машина подключена к цепи заземления.

Повышение электробезопасности в установках достигается защитным заземлением.

6.7 Экологическая безопасность

Проблемы окружающей среды, как правило, оказывают большое влияние на жизнь страны. Работа любого производства сопровождается образованием отходов, которые попадают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоем, твердых промышленных и бытовых отходов и мусора на поверхность и в недра Земли. Разработка энергоэффективного фитосветильника и режима досветки позволит ускорить рост растений без использования вредных компонентов, а значит, экологически безопасна и полезна. Однако возможно загрязнение окружающей среды при его утилизации (при окончании срока службы). Точнее утилизации самой конструкции, так как с утилизацией светодиодов и светодиодных ламп не возникает никаких проблем. В конструкции светодиодных ламп не используются никаких опасных веществ и элементов, они не содержат ртути, вредных газов и тяжелых элементов. Светодиодные лампы, утратившие потребительские свойства, относятся к отходам IV класса опасности-малоопасным. Это значит, что сам по себе такой отход не способен нанести вред окружающей среде, но его составляющие все же нарушают экологический баланс, загрязняют окружающую среду и

разлагаются в течение долгих лет. Например, такие составляющие как: металл, пластмасса и т.д. В то же время компонентный состав отхода позволяет использовать светодиодные лампы для вторичной переработки [23].

6.8 Освещенность в помещении

Утомление органов зрения вызывается как недостаточной, так и чрезмерной освещенностью, а также неправильным направлением света. Нормальная освещенность достигается за счет естественного света, проникающего через

оконные проемы, а при его недостаточности-за счет искусственного освещения светильниками.

К основным требованиям к свету рабочего места инженера-проектировщика:

- Освещение должно соответствовать характеру визуальной работы;
- Количество освещенности должно быть постоянным во времени;
- Не должно быть пульсации светового потока.

Требование к освещению в помещениях, где установлены компьютеры, следующее:

1. При выполнении работ с высокой точностью общего освещения должен быть 300 люкс, а комбинированное 750 люкс; аналогичные требования при выполнении работы средней точности – 200 и 300 люкс согласно СП 52.13330.2011 [22].

В качестве источников искусственного освещения на рабочем месте используются люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания, имеют большую световую отдачу и более длительный срок службы. Осветительные приборы входят в пары, встроенные в лампы. Эти светильники расположены над рабочими поверхностями в равномерном прямоугольном порядке (рисунок – 1).

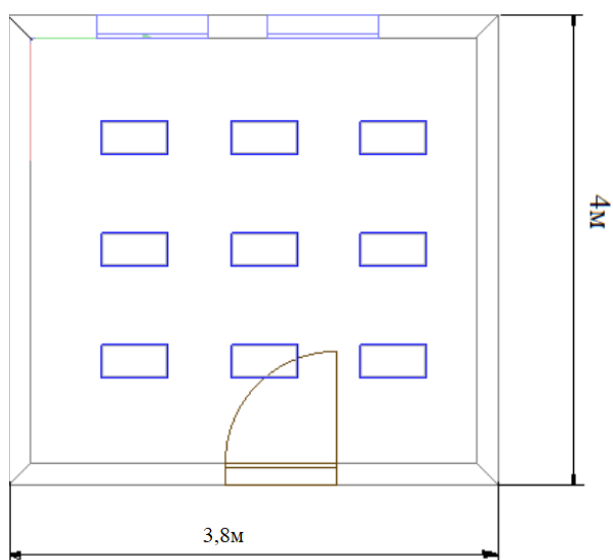


Рисунок 42 – План расположения световых приборов аудитории №13,11а корпуса ТПУ.

Нормы освещенности, описанные в СП 52.13330.2011, достигаются применением местного освещения, т.е. применением люминесцентных ламп.

6.9 Оценка пожарной безопасности помещения

Пожарная безопасность - это состояние защищённости общества или же человека, материального имущества и государства от пожаров. В случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности.

Все эксплуатируемые помещения по степени потенциальной опасности разделяются на пять видов. Они определяются находящимися внутри газами, жидкостями или материалами, а также используемыми технологиями. Если говорить о производственных помещениях ниже приведена таблица №31, где описаны категории помещений по пожарной безопасности.

Таблица 31– Категории производственных помещений по пожарной безопасности.

<p>Категория помещения</p>	<p>Основные характеристики и свойства газов, жидкостей и материалов, используемых или находящихся в помещении</p>
<p>Категория «А»-помещения,обладающие повышенной взрывопожароопасностью</p>	<p>Газы, относящиеся к горючим, и ЛВЖ (легковоспламеняющиеся жидкости), которые воспламеняются с температурой вспышки до 28 градусов. При этом получается опасная смесь, взрывающаяся при воспламенении с давлением на выходе более 5кПа.</p>
<p>Категория «Б»-помещения, относящиеся к взрывопожароопасным.</p>	<p>Горячие волокна или пыли, ЛВЖ, температура вспышки которых более 28 градусов, другие горючие жидкости, которые могут образовать опасную смесь, взрывающуюся при воспламенении с давлением на выходе более 5 Кпа.</p>
<p>Категории «В1-В4» -помещения, относящиеся к пожароопасным.</p>	<p>Трудногорючие и горючие жидкости и твердые вещества, а также материалы (включая волокна и пыли), обычные вещества и материалы, которые при смешивании в естественных условиях только горят, при условии, что рассматриваемое помещение не относится к описанным выше категориям «А» или «Б»</p>
<p>Категория «Г» - помещения умеренной пожароопасности.</p>	<p>Различные вещества, относящиеся к негорючим, а также находящиеся в раскаленном, горячем или расплавленном состоянии, необходимом по условиям применяемых технологических процессов. При этом обработка или производство конечного продукта связано со сжиганием или утилизацией твердых веществ или жидкостей, а также газов, используемых как топливо</p>

Категория «Д» - помещения пониженной пожароопасности.	Различные вещества и материалы, которые относятся к негорючим, и находятся в процессе переработки или хранения в холодном состоянии.
---	--

Горючие компоненты в кабинете №13: мебель, двери, полы, изоляция кабелей и т. д. Источниками зажигания в шкафу могут быть электронные платы отПК, устройства, используемые для обслуживания устройств электроснабжения, где в результате возмущения формируются перегретыми элементами, на месте которых может возникнуть электрическая искра, способная вызвать воспламенение горючих материалов.

Для Кабинета № 13 была установлена категория пожароопасности В1 [24].

Рассмотрим варианты причин возникновения пожара:

1. Пожар может произойти в результате короткого замыкания;
2. Опасная перегрузка сетей, так же может привести к сильному нагреву токоведущих деталей;
3. Высокая плотность размещения электронных схем;
4. Неправильный запуск оборудования после ремонта;
5. Несоблюдение правил пожарной безопасности (курение в запрещенных местах и т.д.)

Для предотвращения пожаров от коротких замыканий и перегрузок. Стоит соблюдать установленный режим эксплуатации электрических сетей, ПК и других электрических приборов. Поэтому необходимо предусмотреть ряд профилактических мер, деятельность технического, оперативного, организационного процесса.

6.10 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров

Чтобы предотвратить возникновение пожара, необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности [25]:

– предотвращать образование горючей среды (герметизирующее оборудование, управление воздушной средой, работа и аварийная вентиляция);

– применение в строительстве и отделке зданий огнестойких или сложных горючих материалов. В офисе необходимо провести следующий профилактический контроль:

– организационные мероприятия для технического процесса с учетом пожаробезопасности объекта;

– операционная деятельность с учетом существующего оборудования;

– технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтаж электрооборудования и обогревателей.

Организационная мера:

– противопожарное обучение обслуживающего персонала;

– обучение персонала правилам безопасности;

– публикация инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Операционная деятельность:

– соответствие действующим стандартам оборудования;

– обеспечение свободного подхода к оборудованию;

– поддержание работоспособности изоляции токопроводящих проводников.

Техническая мера:

– соблюдение мер пожарной безопасности на устройстве электропроводка, оборудование, отопление, вентиляция и освещение.

– профилактический осмотр, ремонт и испытания оборудования.

Здание должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения, пожарные краны, пожарная сигнализация и план эвакуации люди в огне [25].

6.11 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.

Согласно ТК РФ, от 30.12.2011 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) каждый работник имеет право на:

рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве;

обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда;

обучение безопасным методам и приемам труда;

основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего пространства т.е места. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [26]. Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, должна проводиться влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения. Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов. Окраска ПК и прилегающий к нему техники должны иметь темные цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо – восток.

Аудитория в которой проводилась работа над ВКР, имеет следующую окраску:

потолок –белый;

стены- сплошные, светло бежевые;

пол- светло коричневый.

Режим труда и отдыха работников установлен трудовым кодексом. Согласно трудовому законодательству установлен 8-ми часовой рабочий день. Во время рабочего дня отводится время для перерывов на отдых и питание. Продолжительность перерывов на отдых и питание от 30-60 мин. Все правовые и организационные мероприятия по безопасности и организации рабочего пространства в аудитории № 13, были соблюдены.

Заключение

Исследование влияния параметров облученности на фотосинтез растения подсолнуха сорта «Лакомка».Позволило подобрать режим энергоэффективной и энергосберегающей досветки, используя диодную систему освещения.Эксперимент показал что наиболее благоприятными спектрально-квантовыми параметрами для ускорения вегетационного периода,а так же процессов фотосинтеза данного сорта растения обладают светодиодные лампы имеющие значение ФАР облученности 16.2 Вт/м^2 . На основании полученной зависимости роста площади листа,массы листа от энергетической освещенности (ФАР) и спектров использованных ламп,были построены графики «Эффективности роста»,которые служат обоснованием выбора светодиодных ламс данным уровнем ФАР облученности.

Список использованных источников

1. Модели фитотронов Fitonice[Электронный ресурс]:URL: <http://fitonice.ru/fitobox> (дата обращения 20.05.2018)
2. Фитосветильники.Fitolamp [Электронный ресурс]: URL:<http://1fitolampa.ru/>(05.05.2018)
3. Модели Гроу-боксов.Gidrabox [Электронный ресурс]: URL:<http://gidradox.ru./category/gotovye-grouboksy>(дата обращения 28.05.2018)
4. FindPatent [Электронный ресурс]: URL: <http://www.findpatent.ru/patent/250/2504143.html> (дата обращения 01.06.2018)
5. FindPatent [Электронный ресурс]: URL:<http://www.findpatent.ru/patent/255/2557572.html> (дата обращения 05.06.2018)
6. Патент РФ № 2006132691/28, 13.09.2006. Рубин А. Б., Погосян С. И., Маторин Д. Н., Казимирко Ю. В., Ризниченко Г. Ю. Способ флуориметрического определения параметров фотосинтеза фотоавтотрофных организмов, устройство для его осуществления и измерительная камера // Патент России № 2354958. — 2009.
7. Фазы фотосинтеза. [Электронный ресурс]: URL: http://licey.net/free/6-biologiya/21-lekcii_po_obschei_biologii/stages/266 (дата обращения 20.03.2018)
8. Фотосинтез и флуоресценция. [Электронный ресурс]: URL: <http://gordon0030.narod.ru/archive/12781/index.html> (дата обращения 20.04.2018)
9. Плотность фотосинтетически активного потока. [Электронный ресурс]: URL: <https://ppfd.ru/viewtopic.php?t=5> (дата обращения 05.06.2018)
10. Светофильтры. [Электронный ресурс]: URL: https://studopedia.ru/3_210915_svetofiltri.html (дата обращения 10.06.2018)
11. Светодиоды. Устройство. [Электронный ресурс]: URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/svetodiody/> (дата обращения 12.05.2018)
12. Классификация типов светодиодов. [Электронный ресурс]: URL: <http://shine.ru/company/blog/klassifikatsiya-tipov-svetodiody/> (дата обращения 15.04.2018)
13. Люминофорные светодиоды. [Электронный ресурс]: URL: <http://led-displays.ru/white.html> (дата обращения 20.04.2018)

14. Технология получения керамических люминофоров. [Электронный ресурс]: URL: <https://energoboard.ru/post/1234/> (дата обращения 10.05.2018)
15. Спектрометр Avantes. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.avantes.com/products/spectrometers> (дата обращения 18.04.2018)
16. Программное обеспечение Adobe Photoshop [Электронный ресурс]: URL: <http://mydiv.net/arts/view-obzor-programmy-Adobe-Photoshop-CS5.html> (дата обращения 21.04.2018)
17. ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Основные понятия. Термины и определения.
18. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация.
19. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
20. СанПиН 2.2.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
21. СанПиН 2.2.4. /2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона.
22. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение.
23. ПУЭ (Правила устройства электроустановок), 2000.
24. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
25. Правила пожарной безопасности ППБ 01-03.
26. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.