

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки – 12.03.02 «Оптотехника»
Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Адаптивная среда светокультуры растений в условиях закрытого грунта
УДК 628.977.9:631.544.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Жидолович Екатерина Валерьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гречкина Т.В.	К.ф.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Е.Ю. Калмыкова	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	О.Б. Назаренко	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
«Оптотехника»	Е.Ф. Полисадова	д.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оптотехники
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 оптотехники
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
Универсальные компетенции	
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оптотехники
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»**

Школа – Новых производственных технологий
 Направление подготовки – 12.03.02 Оптехника
 Отделение школы – Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

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

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Жидолович Екатерина Валерьевна

Тема работы:

Адаптивная среда светокультуры растений в условиях закрытого грунта	
утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

04.06.2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><small>(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.).</small></p>	<p>- объект исследования: нормы и правила освещения в теплицах; помещение теплицы</p> <p>- техническое оборудование для измерения освещенности</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><small>(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).</small></p>	<p>1. Аналитический обзор литературных источников на тему:</p> <p>- анализ светотехнического оборудования для освещения теплиц</p> <p>- нормы и правила освещения светодиодных светильников</p> <p>- план и условия расположения световых приборов для освещения растений</p> <p>- спектральный состав, поток, длительность облучения</p>

	2. Анализ вопросов стандартизации и нормирования в светодиодном освещении 3. Разработка проекта светодиодного освещения в теплице
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Построение трехмерной модели объекта исследования, расчет освещенности с помощью программного комплекса DIALux

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Е.Ю. Калмыкова, доцент ШИП
Социальная ответственность	О.Б. Назаренко, проф. отд. КД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.09.17г.
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гречкина Татьяна Валерьевна	К.ф.-м.н.		29.09.17г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Жидолович Екатерина Валерьевна		29.09.17г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Е.В. Жидолович

Школа	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	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>Проект выполнен на базе лабораторий ТПУ отделения материаловедения В реализации проекта задействованы 2 человека: руководитель проекта и инженер-светотехник</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»</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>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование работ по проекту Формирование сметы расходов на реализацию проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной и финансовой эффективности проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Диаграмма Ганта</i>
3. <i>График проведения и бюджет проекта</i>
4. <i>Оценка ресурсной и финансовой эффективности проекта</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Е.Ю. Калмыкова	К.ЭК.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Е.В. Жидолович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Жидолович Е.В.

Институт	ИШНПТ	Кафедра	Материаловедения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	«Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Характеристика работы: анализ адаптивной среды светокультуры растений в условиях закрытого грунта. Рабочая зона: учебная аудитория НИТПУ №248 корпус 16-в. Характеристика рабочей зоны: - Размеры: длина - 8м, ширина - 4м высота 2 м; - Интерьер: белые потолки, светлые стены, темный пол; - Освещение создается люминесцентными лампами; - Оснащена системой противопожарной безопасности и огнетушителем.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого</p>	<p><i>Вредные факторы рабочей зоны: - Отклонение показателей микроклимата в помещении; - Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; Опасный фактор рабочего места инженера-проектировщика: - Электробезопасность; - Пожаровзрывобезопасность;</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Негативное воздействие объекта на окружающую среду отсутствует.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией для учебного корпуса является пожар. В целях предотвращения возгорания необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием.</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p><i>К правовым мерам обеспечения безопасности относится организация рабочего пространства и соблюдение режима труда-отдыха.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Жидолович Е.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 82 страницы, 34 рисунка, 23 таблицы, 34 использованных источников, 0 приложений.

Ключевые слова: агрофотоника, светокультура, освещение, светодиодный светильник, фитосветильник, теплица, салат

Объектом исследования является: агрокомплекс ООО «Трубачево» п. Трубачево Томская область, 3D модель внутреннего помещения теплицы (салат).

Цель работы: моделирование и анализ системы освещения тепличного комплекса (растение салат).

В результате исследования: получены расчетные данные по моделированию тепличного комплекса по выращиванию салата на базе текущей осветительной установки ООО «Трубачево».

Область применения: агропромышленные комплексы по выращиванию салата в закрытом грунте.

Экономическая эффективность/ значимость работы: учёт параметров при оптимизации световых условий по выращиванию салата в агропромышленных комплексах, в частности на предприятии ООО «Трубачево».

В будущем планируется: опубликование полученных данных в рецензированных изданиях по тематике исследований. Представление материала на конференции и выступление с докладом по теме настоящей ВКР в коллективе авторов (Жидолович Е.В., Уахи А., Бактыбаев А.А., Гречкина Т.В., Туранов С.Б.).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки:

В данной работе использованы следующие термины с их соответствующими определениями:

Салат: Однолетнее травянистое растение семейства сложноцветных, зеленая овощная культура.

Закрытый грунт: Сооружения (теплицы, парники, утепленный грунт) для выращивания рассады, овощных, декоративных и плодовых растений.

«Домик»: Название фрагмента тепличного комплекса, который включает в себя определенное число световых приборов и количество рядов растений, например, салатный тепличный комплекс общей площадью $S=4334,4 \text{ м}^2$ состоит из 15 домиков, в каждом по 42 светильника.

Освещённость, лк: Отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности.

Фотосинтетическая облученность; PPFD, (мкмоль/с)/м²: Отношение фотосинтетического потока фотонов, падающего на малый участок поверхности, к площади этого участка (плотность потока фотонов).

Фотосинтетически активная радиация; ФАР, (мкмоль/с): Оптическое излучение в диапазоне от 400 до 700 нм, используемое растениями для фотосинтеза, роста и развития.

DIALux, версия 4.13: Программный комплекс для планирования и дизайна освещения.

3D – модель: Это наглядный способ представления объекта в виде трёхмерного графического изображения.

В данной работе применены следующие сокращения:

ДНаЗ – зеркальная натриевая лампа

ДНаТ – дуговая натриевая трубчатая лампа

ИС – источник света

КСС – кривая силы света

ОУ – осветительная установка

ФАР – фотосинтетически активная радиация

PPFD – photosynthetic photon flux density, фотосинтетическая облученность

LED – light-emitting diode, светодиод

Нормативные ссылки:

ГОСТ Р 57671-2017 Приборы облучательные со светодиодными источниками света для теплиц. Общие технические условия.

НТП-АПК 1.10.09.001-02 Нормы технологического проектирования селекционных комплексов и репродукционных теплиц.

РД-АПК 1.10.09.01-14 Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады.

СНиП 2.10.04-85 Нормы и правила ФАР

ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация.

СП 51.13330.2011. Защита от шума.

СанПиН 2.2.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»

СП 52.1330.2016 Естественное и искусственное освещение.

НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Оглавление

Реферат.....	9
Введение.....	13
Глава 1 Световые технологии в тепличном хозяйстве.....	14
1.1 Световой режим натриевых источников света.....	14
1.2 Светодиодные фитосветильники	17
1.3 Тепличный комплекс ООО «Агро-Инвест», Калужская обл.....	22
1.4 Опыт зарубежных стран по многоярусным системам в теплицах...	24
Глава 2 Условия выращивания салата в закрытом грунте.....	28
Глава 3 Анализ тепличного комплекса ООО «Трубачево», Том- ская обл.....	30
Глава 4 Разработка проекта освещения в теплице с помощью программы DIALux 4.13.....	33
4.1 Этап I проектной части работы (по параметрам домика теплицы)..	34
4.2 Этап II проектной части работы (по общему объему теплицы).....	47
4.3 Этап III проектной части работы (создание многоярусной уста- новки стеллажного типа с светодиодными источниками света).....	50
Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение.....	54
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	54
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
5.3 Планирование проекта.....	56
5.3.1 Структура работ.....	57
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
5.3.3 Разработка графика проекта.....	60
5.4 Смета научно-исследовательского проекта.....	61
5.4.1 Расчет материальных затрат.....	61
5.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей те- мы.....	62

5.4.3 Страховые взносы во внебюджетные фонды.....	63
5.4.4 Накладные расходы.....	63
5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	64
5.5 Определение ресурсной и финансовой эффективности научно-исследовательского проекта.....	64
Глава 6 Социальная ответственность	67
6.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	67
6.2 Производственная санитария.....	68
6.2.1 Шум.....	68
6.2.2 Микроклимат.....	69
6.2.3 Электромагнитное излучение.....	70
6.2.4 Освещенность в помещении.....	71
6.3 Электрическая безопасность.....	73
6.4 Пожарная безопасность.....	75
6.4.1 Оценка пожарной безопасности помещения.....	75
6.4.2 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров.....	76
6.5 Экологическая безопасность.....	77
6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
Заключение.....	79
Список используемых источников.....	80

Введение

Для повышения эффективности производства защищенного грунта, продуктивности и качества урожая особое значение имеют вопросы оптимизации светового режима овощных культур. Наиболее остро эта проблема стоит перед тепличными хозяйствами, расположенными в северных регионах Российской Федерации, где осенне–зимний период приход естественной фотосинтетически активной радиации (ФАР) крайне мал [1]. Правильный выбор режима освещения с учетом биологических потребностей растений является ключевым элементом интенсификации технологии светокультуры, получения качественной растительной продукции, устранения дефицита производства полноценной экологически безопасной продукции.

Целью данной работы является моделирование и анализ системы освещения тепличного комплекса (растение салат).

Задачи:

1. Анализ осветительной установки ООО «Трубачево» и трёхмерное моделирование системы освещения в теплице с заданными параметрами при выращивании салата.
2. Оптимизация общей площади салатной теплицы, как многоярусной системы, в условиях светодиодного освещения.
3. Обработка и анализ результатов исследований.

Глава 1 Световые технологии в тепличном хозяйстве

Тепличное производство относится к числу наиболее энергоёмких производств. Эффективная работа тепличных комплексов не возможна без применения современных энергосберегающих технологий.

Одним из инновационных подходов в освоении и применении светодиодной светотехники являются разработки и их использование в теплицах. Тенденции отечественного тепличного хозяйства не исключают роль и участие подобного оборудования на своих территориях, однако ряд ключевых вопросов по оснащению, систематизации, подбору и стандартизации специализированного светодиодного оборудования не редко остаются без ответа.

Светодиодные светильники для теплиц имеют массу достоинств: оптимальный спектральный световой состав; отсутствие опасных веществ и, как следствие, необходимости специальной утилизации; низкое потребление электроэнергии; работа при невысоком напряжении; выделение малого количества теплоты; долгий срок эксплуатации – более десяти лет; высокая устойчивость к механическому воздействию. Светодиоды можно подвешивать на любой высоте, даже прямо над растением: они не нагреваются и не причинят вреда. Световой поток направлен равномерно на всю поверхность, значит, необходимую порцию света получит каждый обитатель теплиц.

1.1 Световой режим натриевых источников света

Современное развитие в области защищенного грунта показывает, что сегодня осветительная техника играет огромную роль в эффективности производства рассады, овощей и цветов.

Параметры осветительной установки влияют на качественные показатели продукции рассады, сроки ее выгонки и на урожайность.

Для искусственного освещения растений в тепличных хозяйствах России в настоящее время наиболее приемлемы металлогалогенные лампы ДРИ и натриевые лампы высокого давления ДНаЗ, ДНаТ на спеченном электроде с

помощью которых продолжается сезон выращивания растений, улучшается контроль над процессом их роста.

За последние годы практически все теплицы полностью избавились от старых источников света - перешли от светильников с лампой ДРЛ на светильники с натриевой лампой ДНаЗ, несомненно, сэкономив немалые средства на потреблении электроэнергии. При этом освещенность растений была увеличена в два раза, а качество и сроки выгонки растений улучшены.

Научные исследования и практика растениеводства показали, что длины волн излучения натриевых ламп высокого давления, в которых сконцентрирована наибольшая часть энергии излучения, совпадают с участками максимальной чувствительности растений. Для основных процессов фотосинтеза растения используют весь видимый диапазон светового излучения, но в синей и красной областях спектра их чувствительность падает. В спектре излучения натриевых ламп не содержится вредных ультрафиолетовых лучей и мощность фотосинтетически активной части радиации достаточна для нормального роста и развития растений.

Согласно методическим рекомендациям по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады рекомендован световой режим как показано в [2].

При разработке культурооборотов следует учитывать суточное количество естественной фотосинтетической активной радиации (ФАР), проходящее в теплицу. Если суточное количество ФАР, проходящее в теплицу, составляет менее 0,9 минимального физиологического критерия, рекомендуется предусматривать дополнительное искусственное облучение. Тип и мощность установок систем искусственного облучения выбирается в зависимости от принятой технологии выращивания овощей и рассады и климатических особенностей района строительства.

В рассадных отделениях (теплицах) овощных теплиц минимальная суммарная (естественная + искусственная) облученность должна быть не менее 25 Вт/м² ФАР. Суточное количество ФАР - не менее 250 Вт·ч/м².

В овощных теплицах облученность должна быть не менее 70,0 Вт/м² ФАР, суточное количество ФАР для овощных культур в период плодоношения составляет не менее 900 Вт ч/м² ФАР.

При выращивании растений в условиях искусственного облучения для сеянцев и рассады рекомендуется принимать облученность 80 Вт/м² ФАР, для овощных культур - 80-160 Вт/м² ФАР.

Искусственная облученность в теплицах принимается с учетом прямой технологии производства и световых особенностей района строительства.

Требования к средствам измерений:

Для измерения освещенности следует использовать люксометры, позволяющие проводить измерения освещенности вплоть до 100000 лк.

Для измерения фотосинтетической облученности (плотности потока фотонов на поверхности) следует использовать:

– интегральные измерители плотности потока фотонов, позволяющие проводить измерения вплоть до 1500 мкмоль/(с·м²);

– переносные спектрометрические приборы с диапазоном измерения, охватывающим область ФАР (400-700 нм), программное обеспечение которых позволяет измерять фотосинтетическую облученность.

Допускаемая относительная погрешность измерений должна быть не более 10%.

При отсутствии требуемого программного обеспечения спектрометрическим прибором измеряют спектральную облученность в области ФАР (400 - 700 нм), а затем рассчитывают облученность по формуле:

$$E_{\text{ФАР}} = \int_{400 \text{ нм}}^{700 \text{ нм}} E_{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{h \cdot c \cdot N_A} \cdot d\lambda,$$

где

$E_{\text{ФАР}}$ – облученность, мкмоль/(с·м²);

E_{λ} – спектральная плотность энергетической облученности, Вт/(м²·нм);

λ – длина волны, нм;

$h = 6,626 \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка;

$c = 3 \cdot 10^{17} \text{ нм/с}$ – скорость света;

$N_A = 6,022 \cdot 10^{29} \text{ мкмоль}^{-1}$.

Сегодня все больший интерес проявляется к внедрению систем, выполненных на основе светоизлучающих диодов, обладающих огромным потенциалом в качестве дополнительного или единственного источника освещения. Для выращивания салатно-зеленных культур предлагаются облучатели с комбинацией красных и синих светодиодов, причём доля излучения в красной части спектра (630-690 нм) составляет 65-95%, а в синей (430-470 нм) – остальные 5-35% [3, 4].

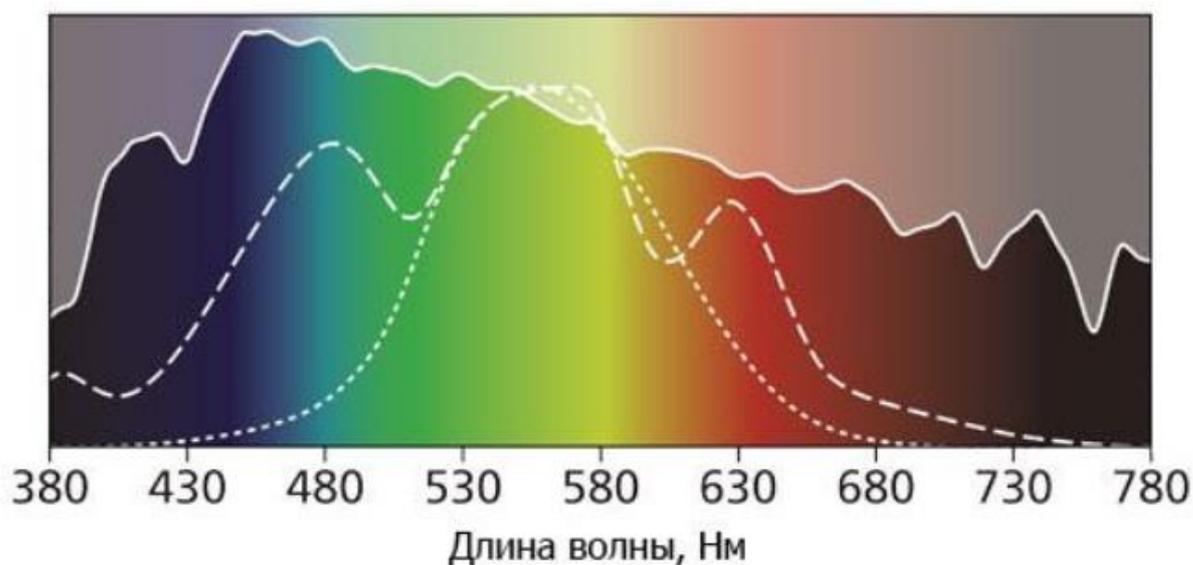
1.2 Светодиодные фитосветильники

Бурный рост светодиодной технологии привел к тому, что в 2012 году появились первые теплицы с гибридным освещением, где совместно с натриевыми лампами высокого давления применялись светодиоды для межрядной досветки [5]. А уже в 2015 году широкое распространение (в основном за рубежом) получили теплицы с полностью светодиодной досветкой [6,7-11] для всего ряда выращиваемых в теплицах культур (от салата до помидор). Эффективность по уровню фотосинтетическому фотонному потоку используемых светодиодных светильников достигла 2.7 мкмоль/Дж – это существенно превышает аналогичный параметр для натриевой лампы высокого давления (1,7 мкмоль/Дж).

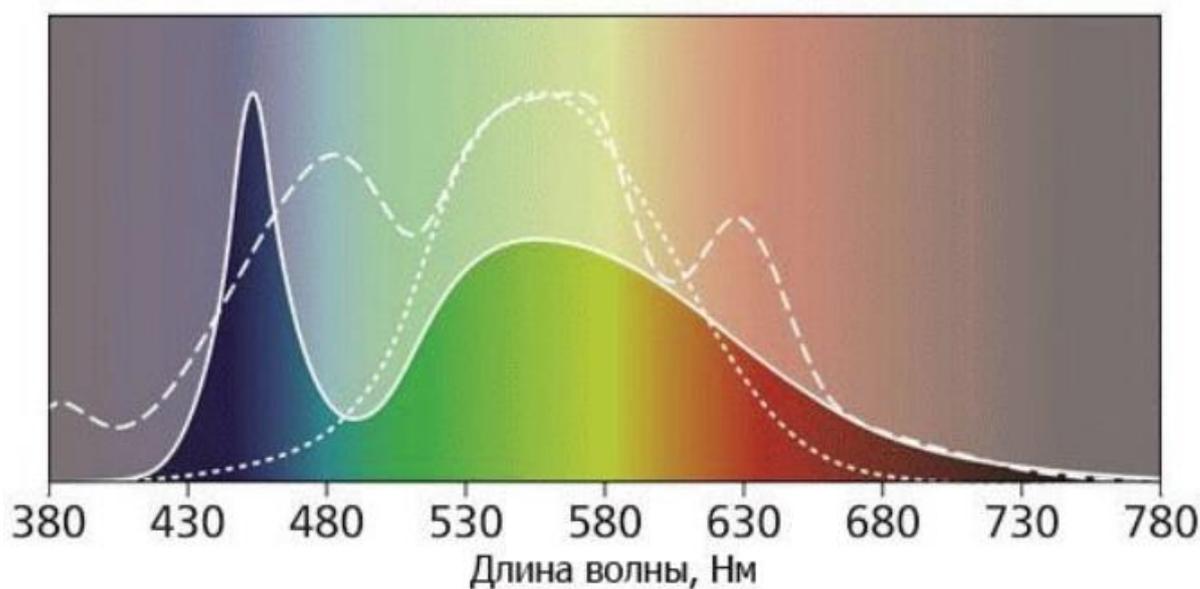
Эффективность применения LED-светильников подтверждена рядом успешно реализованных проектов по замене светильников ДНаТ. Эксперименты, проведенные в крупнейших тепличных хозяйствах России, наглядно продемонстрировали ключевые преимущества светодиодного освещения:

- Экономия электроэнергии до 2,5раз;
- Рост урожайности;
- Сокращение общего цикла роста;
- Улучшение товарного вида.

Спектр свечения светодиодного светильника больше всего похож на естественный солнечный, присутствуют все необходимые для фотосинтеза длины волн.



а



б

Рисунок 1.1 – а) Спектр дневного солнечного света;
б) Спектр белого светодиода

Кривая силы света приборов для освещения растений сверху согласно [12], в т.ч. в многоярусных установках стеллажного типа должна соответствовать типу Л или Ш; для дополнительного освещения растений в объёме ценоза

(междурядное освещение) – типу М по ГОСТ Р 54350. Так же приборы должны соответствовать классу светораспределения П по ГОСТ 54350. Эффективность приборов в области ФАР, должна быть не менее:

- 2,0 (мкмоль/с)/Вт – для приборов, предназначенных для освещения сверху;

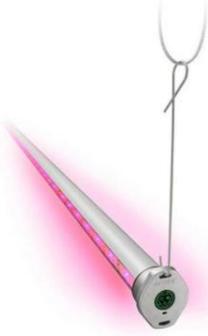
- 1,9(мкмоль/с)/Вт – для приборов, предназначенных для освещения растений в многоярусных установках стеллажного типа;

- 1,8(мкмоль/с)/Вт – для приборов, предназначенных для дополнительного освещения растений в объеме ценоза (междурядное освещение).

Сегодня линейка светодиодной продукции, например, Philips (см. таблица №1.1), стала полноценным семейством, включающим разнообразные решения. Например, продукция под маркой Philips GreenPower разработана специально для использования в растениеводстве. Помимо стабильно высокого качества эта продукция отличается большим сроком службы, эффективным контролем теплового излучения, энергоэффективностью и надежностью.

Таблица №1.1 – Характеристики линейки Philips GreenPower

Наименование	Изображение	Характеристики
Philips Green-Power LED top-lighting deliver	 <p>The image shows a long, narrow LED strip light with a green and white casing. It features several callouts: 'continuous line installation' and 'non-continuous line installation' at the top right; '400 V input voltage' in a circle; 'Up to 2.7 μmol/J' in a circle; 'IP66 rating' in a circle; 'No moving parts' in a circle; and 'Quality light for quality growth' in a circle at the bottom right.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 400 В • IP 66 • 180-200Вт/175-200Вт/175-215Вт/200-215Вт • КПД=2,7 μmol/J • Одобрено PSE/UL/CSA
The Philips GreenPower LED flowering lamp	 <p>The image shows a white, bell-shaped LED flowering lamp with a standard screw base. The Philips logo is visible on the lower part of the lamp.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Стандартный комплект E26/E27, 120В/230В • UL/CSA одобрен для влажных мест; • IP44 • 25000 часов работы • Безопасный и легкий прочный пластик, без стекла • КПД=1,9 μmol/J • 11Вт или 13Вт

GreenPower LED interlighting		<ul style="list-style-type: none"> • 200-400 В • 64/79/81/100 Вт • IP 66 • UL/CSA одобрен для влажных мест • 25000 часов работы • КПД=2,8-3 μmol/J
The GreenPower LED production module		<ul style="list-style-type: none"> • 120-277 В • 21-30/37-41 Вт • IP 66 • UL/CSA одобрен для влажных мест • 25000 часов работы • КПД=2-2,3 μmol/J
Philips GreenPower LED Tissue Culture Module.		<ul style="list-style-type: none"> • 25000 часов работы • 12 Вт • IP 20 • 220-240 В • КПД=1,7

Компания Philips производит натриевые, светодиодные лампы и драйверы. Это позволяет разрабатывать наиболее эффективные и надежные системы освещения, иногда совмещающие различные технологии, для любых применений.

Сегодня на российском рынке, помимо Philips, представлен ряд организаций, которые обладают собственными разработками в применении светодиодного освещения в аграрной отрасли, а некоторые из них уже имеют примеры успешного внедрения своих технологий в реальное производство.

Таблица 1.2 – Примеры технологий и оборудования для светодиодного освещения производственных помещений агропромышленного комплекса в России [13]

Название, изготовитель	Преимущества	Ожидаемые эффекты	Сфера применения, уровень зависимости от импорта
RGB-стимуляторы роста растений, светильники «Агролайт Теплица люкс», ООО «НПК Ледарт»	Излучают части спектра света, максимально способствующие фотохимическим процессам, заметно ускоряя рост растений, цветение и плодоношение	Малое энергопотребление, получение товарной продукции в 1,5-2 раза быстрее	Тепличные и оранжерейные хозяйства. В технологиях применяются импортные компоненты: светодиоды LedEngin (США), CREE (США), Nichia (Япония)
Светодиодный модуль для растений «Рубин - 750» ООО «КТЛ»	КПД излучения ФАР светодиодного светильника составляет 35-45 процентов, что теоретически в 4-7 раз выше КПД привычных натриевых ламп	Энергосбережение при исходной урожайности в 3-11 раз превосходит показатели светильников с лампами НЛВД	Тепличные и оранжерейные хозяйства. Инжиниринговая компания, разрабатывающая, производящая и поставляющая светодиоды и светодиодные светильники
«Оптолюкс», ООО «Оптоган»	КПД при переводе электрической мощности в оптическую до 40 %, опережает все существующие технологии получения белого света	Низкое энергопотребление – в 10 раз меньше ламп накаливания и в 2 раза меньше люминесцентных ламп. Длительный срок службы – в 50 раз выше, чем у ламп накаливания, и в 8 раз выше, чем у люминесцентных	Тепличные и оранжерейные хозяйства. Собственные разработки компании, включая технологию полупроводниковых чипов на основе нитрида галлия. Полный цикл производства светодиодов и светодиодной техники
UnionPower-Star-160W, ГК Union	Технологии выращивания в специальных реакторах, а не в обычных, приспособленных для регулярных светодиодов	Повышение урожайности огурца, томата и перца на 30-40%	Тепличные и оранжерейные хозяйства. Оранжерейные разработки создания лампы и выращивания кристалла. Продукция совместного российско-германского предприятия, производственная база которого находится в России

Сейчас на территории России в общей сложности эксплуатируется примерно 2100 га теплиц, из которых только 15 процентов используют искусственное освещение. «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» предусматривает реализацию комплекса мероприятий, в результате которых планируется увеличить к 2020 году валовое производство овощей защищенного грунта до 1,4 млн т, что позволит снизить зависимость отечественного рынка от импорта овощной продукции [14]. Следовательно, потребуются строительство новых теплиц и реконструкция уже существующих предприятий, в том числе установка на них новых эффективных систем освещения. Таким образом, светодиодные лампы для защищенного грунта могут стать в ближайшие годы более востребованными в нашей стране. Однако для успешного внедрения подобных светильников на предприятиях АПК необходимо максимально снизить их стоимость по сравнению с традиционными осветительными приборами и апробировать технологию применения с учетом региональных особенностей.

1.3 Тепличный комплекс ООО «Агро-Инвест», Калужская обл.

В 2017 году тепличный комплекс ООО «Агро-Инвест» совместно с зарубежными специалистами корпорации Philips Lighting спроектировали масштабный по мировым меркам проект LED-освещения, имитирующего естественное солнечное освещение. Проект позволит как снизить издержки на энергопотребление, так и гарантировать круглосуточное вызревание каждой образовавшейся завязи на агро-плантации.

В течение года теплицы в Калужской области будут оснащены десятками тысяч светодиодов Philips GreenPower. Если выложить все эти светодиоды в одну линию, они растянулись бы на 223 километра!

По словам генерального директора ООО «Агро-Инвест» - светодиодное освещение – это будущее. Оно дает растениям необходимый свет тогда и там,

где это необходимо. Благодаря этой технологии можно увеличить урожайность в более темные месяцы года и значительно сократить потребление энергии [15].

Этот светодиодный садоводческий проект является крупнейшим в мире. Он позволит сэкономить до 50% на энергии, необходимой для освещения теплиц комплекса, и на 30% повысить урожайность в зимние месяцы. Светодиоды Philips GreenPower – идеальное дополнение к естественному дневному свету, чтобы обеспечить максимальную урожайность круглый год. По мнению Удо ван Слоот, бизнес-лидер Philips Lighting по садоводству, проект подчеркивает растущую международную тенденцию к замене импорта на свежую отечественную продукцию [15].

Продукция в ООО «Агро – Инвест» очень богата, например, более десятка сортов огурцов и томатов, и даже мини томаты – Черри.

Тепличный комплекс был запущен в работу в 2014 году. На тот момент было запущено в производство 20 гектаров земли под овощное хозяйство, из них: 18 Га под выращивание урожая и 2 Га под рассадку. В 2017 году уже 43 гектара полезной площади и совсем скоро к ним добавится ещё 25,5 Га. Согласно плану развития, которого старается придерживаться комплекс – к концу следующего 2018 года будет использоваться уже 112,5 гектарами земли. По словам генерального директора, теплицы расположены в Калужской области, конечно же, не случайно. Это экологически чистые, практически – первозданные, земли вдали от крупных городов, трасс, вредных производств. Это оправдано и экономически – территория агрокомбината находится в свободной экономической зоне. Это сокращает издержки (таможенные пошлины и ввозной НДС) и позволяет формировать доступную стоимость продукции для покупателей.

В мировой практике все виды культивационных сооружений создают с учетом максимального использования солнечной радиации. Солнечная радиация является основным климатическим фактором, определяющим виды и типы закрытого грунта в данной местности, набор культур по периодам и срокам их выращивания.

Солнечная радиация имеет определенную интенсивность, спектральный состав и суточную продолжительность в зависимости от зоны выращивания овощных культур в защищенном грунте.

На территории России наблюдается в основном широтное распределение суммарной солнечной радиации: суммы убывают по мере продвижения с юга на север. Для нормального роста и развития растений имеет значение главным образом оптическое излучение — это фотосинтетическая активная радиация (ФАР).



Рисунок 1.2 – Карта России

Калужская область располагается, как и Томская в III световой зоне и имеет Сумма ФАР - 610-970 кал/см² [16].

1.4 Опыт зарубежных стран по многоярусным системам в теплицах

Многоярусные теплицы станут важным элементом сельского хозяйства будущего, особенно в условиях растущего давления со стороны экономики и окружающей среды в сфере производства овощей, зелени и фруктов.



Рисунок 1.3 – Многоуровневый стеллаж (Philips)



Рисунок 1.4 – Производственный модуль Philips GreenPower LED
(Burgh-Haamstede, Нидерланды)

Philips близко сотрудничает с лидирующими мировыми университетами и исследовательскими институтами. В Европе Philips не только разрабатывает рецепты освещения совместно с агрономическими университетами и институтами, но и обеспечивает эти учреждения высококачественными решениями освещения для научных исследований [17]. Решение – производственный модуль Philips GreenPower LED (рисунок 1.4).

Современные теплицы представляют собой сложные технические комплексы, в большей части роботизированные. Управление ими осуществляется при помощи автоматизированных систем (рисунок 1.5), в которые достаточно органично можно добавить и управление освещением, причем как по интенсив-

ности, так и по спектральному составу излучения, и производить такие управляющие операции по программам, учитывающим фазу развития растений.



Рисунок 1.5 – Автоматизированная система (Philips)

Специалистами профильных научно-исследовательских институтов доказано положительное влияние светодиодных ламп и светильников на сельскохозяйственную отрасль. В научно-исследовательском институте государства Тайвань учеными были проведены опытные эксперименты по выращиванию бамбука, спаржи и земляники под светодиодными источниками освещения. Было отмечено, что значительно повысилась скорость всходов семян растений, затем более быстрый рост побегов посаженных культур и впоследствии отличные показатели урожайности.



а



б

Рисунок 1.6 (а, б) – Примеры ярусного выращивания салата в Японии.

Такое «крытое фермерство» уже успешно функционирует в Японии, где на поверхности, равной по площади половине футбольного поля, под 17 тысячами светодиодов растет салат. После достижения идеального сочетания света японский физиолог растений добился того, что в его хозяйстве салат созревает в два с половиной раза быстрее, чем на ферме, уменьшая отходы земледелия до 50 %. Производительность такого урожая под светодиодами на единицу площади увеличивается в сто раз.

Глава 2 Условия выращивания салата в закрытом грунте

В данной работе проводится исследование освещенности на объекте листового салата. Данный вид неприхотлив, в закрытый грунт их можно сеять круглый год.

Зеленные культуры быстро растут, болезнями и вредителями поражаются редко, не слишком требовательны к почве, и при этом очень хорошо раскупаются. Одним из самых востребованных видов зелени является салат, полезные свойства которого трудно переоценить.

К преимуществам тепличного выращивания можно отнести:

- повышенный спрос на продукцию такого рода в холодное время года;
- стабильный тепличный микроклимат позволяет получать хорошие урожаи;
- холодостойкость культуры не требует много затрат на тепло, что позволяет увеличить прибыль;
- выращивание салата в теплице зимой несложное, уход проще, чем в открытом грунте;
- в теплице урожайность выше, чем в открытом грунте, так как еще не наступил сезон вредителей;
- быстрое наращивание зеленой массы позволяет получать на одной площади несколько урожаев.

Методы выращивания [18]:

1. Культура светолюбивая, при недостатке освещения питательная ценность салата будет снижена, плодоношение растянутое, внешний вид потеряет товарную привлекательность.
2. Технология выращивания салата в теплице не предусматривает высокие температуры, при которых резко снижается всхожесть, для прорастания достаточно 12-15 °С, появившиеся всходы прекрасно себя чувствуют при дневных показателях 12-14 °С, ночных – 6-9 °С.

3. Через 2 недели, когда сформировалась корневая система и происходит наращивание листовой массы, температуру нужно повысить до пределов от 14 до 16 °С (чем ярче освещенность, тем выше температурные показатели).
4. Вегетационный период достаточно продолжительный – от 50 до 70 дней, поэтому предпочтительнее рассадный способ выращивания, получается забег на 2-3 недели.



Рисунок 2.1 – Выращивание салата (фото от 05.10.2017г. ООО «Трубачево»)

Оптимальное время для выращивания салата – с сентября по декабрь или с января по апрель. По скороспелости выигрывают листовые сорта. Их посев происходит семенами, необходимости в готовой рассаде в данном случае нет. Кочанные сорта являются позднеспелыми. При этом для успешного роста понадобится много света, иначе салат будет вытягиваться.

Каким бы неприхотливым не был салат, он все равно нуждается в дополнительной подсветке и обогреве; растения требуют много воды, потому надо организовывать систему полива. Выращенную продукцию нужно своевременно реализовывать.

Глава 3 Анализ тепличного комплекса ООО «Трубачево», Томская обл.

В Томской области, в поселке Трубачево в 2011 году было начато строительство агрокомплекса, в том же году в эксплуатацию ввели первую очередь теплиц, размер которой составлял 3 гектара. Вместе со второй очередью, и на данный момент площадь теплиц составляет 8 гектар.

Сейчас это один из современных тепличных комплексов в Сибири и Томской области, в котором выращивают овощи, зелень, рассаду и разные сорта цветов. Из овощей предпочтение отдано огурцам и томатам. В 2016 году было выращено 575 тонны огурцов и почти 200 тонн томата. Планируется, что с помощью нововведенных теплиц получится выращивать в год до 2 тысяч тонн огурцов, 700 тонн томатов и почти 2 миллиона кустов салата и другой зелени. В ближайшем будущем поставлена цель: увеличить объем выращиваемых культур вдвое, что покроет значительную часть потребностей Томской области в овощах. По данным 2016 года, в агрокомплексе ООО «Трубачево» вырастили около 830 тонн овощей [19].

Столь высокой производительности овощей планируется добиться за счет новых сортов и современных технологий, которые включают в себя автоматически регулируемый микроклимата (влажность, освещенность и температуру) и систему питания на гидропонике. Еще одна составляющая высокой урожайности – само конструктивное решение теплиц. Площадь «стеклянного домика» на данный момент составляет 27 тыс. кв. метров. Отапливается тепличное хозяйство за счет газа.

5 октября 2017 года состоялась экскурсия для студентов и сотрудников ТПУ на предприятии ООО «Трубачево». Экскурсия была посвящена знакомству с производством предприятия, освещению вопросов выращивания тепличных растений на разных стадиях роста и созревания, в условиях автоматизации процессов климат-контроля. После личного посещения и знакомства с предприятием позволило понять какова масштабность производства и ухоженность данного тепличного комплекса.

По результатам наблюдений и анализа осветительной установки во всех тепличных комплексах (салат, огурец, томат, цветы) ООО «Трубачево» используются в освещении натриевые лампы с зеркальным отражателем ДНаЗ с мощностью 380В (рисунок 3.1). У ДНаЗ так же большой срок службы (до 32000 ч) с сравнением со светодиодными лампами. Натриевые лампы достаточно сильно нагреваются, повышая температуру всей теплицы, создавая благоприятный климат для овощей. Благодаря этому на обогрев всего комплекса требуется меньше затрат. Это обстоятельство руководители предприятия называют одним из основных в пользу основного освещения. Переход на светодиодные технологии в настоящее время не рассматривается.



Рисунок 3.1 – Теплица №1 агрокомплекса «Трубачево», светильник ЖСП30Тэк-600-013У5 электромагнитный, 380В; лампа ДНаЗ.

В условиях закрытого грунта ООО «Трубачево» сейчас выращивают огурцы, томаты, зелень, рассаду и разные сорта цветов в 6 отдельных теплицах (рисунок 3.2). В данной работе делается упор на предмет исследования адаптивной среды осветительной установки для быстро созревающего растения, а именно салат. Подробная информация по теплице №1, где выращивается салат, приведена в таблице №3.1.

Таблица №3.1 – Сводная таблица данных для теплицы №1 ООО «Трубачево» специализирующаяся по выращиванию салата

Светильник	ЖСП30Тэк-600-013У5, 380В
Количество светильников, шт	630
Мощность, кВт	407
Количество светильников в ряду, шт	14
Кол-во светильников в домике, шт	14×3=42
Кол-во домиков в теплице	60 ряд. 15 дом.
Площадь теплицы S, м ²	4334,4
Потеря освещенности ламп в год 5%	2013г

В настоящей работе проводилась разработка трёхмерной модели теплицы для выращивания салата, на базе параметров одного из тепличного блока (теплица №1 предприятия ООО «Трубачево», Томская обл.).

Глава 4 Разработка проекта освещения в теплице с помощью программы DIALux 4.13

Данный раздел выпускной квалификационной работы выполнялся с помощью программного комплекса DIALux версия 4.13.

Программа DIALux производит светотехнические расчеты, учитывая множество факторов, которые не учитываются при проектировании освещенности по табличным методам. Это наиболее точный инструмент светотехнического проектирования. DIALux позволяет оценить результат по различному виду диаграммам распределения освещенности и трёхмерной визуализации. В DIALux встроен визуализатор Pov-ray, позволяющий получить фотореалистичное трёхмерное изображение распределения освещенности. Есть возможность импорта планов и экспорта результатов расчета в AutoCAD [20].

DIALux производит расчет всех требуемых световых характеристик: яркости, всех видов освещенности, показателей блескости, КЕО и пр. С его помощью можно рассчитать дневной свет и тени при планировании освещения. Программа принимает во внимание географическое расположение здания, погодные условия и тени от окружающих строений и прочих объектов.

Создание 3D модели объекта является одной из основных частей проектирования. Построение 3D модели осуществлялось по заданным параметрам тепличного комплекса ООО «Трубачево», Томской области. Из представленных данных по количеству световых приборов в домике $N = 42$ шт. и по количеству световых приборов $N = 630$ шт. в общем объёме теплицы, выполнен расчёт и визуализация полученных данных.

Проектирование тепличного комплекса было разделено на следующие этапы:

Этап I. Построение и расчёт теплицы (культура салат) по параметрам домика (фрагмент теплицы №1), с анализом экспериментальных и расчётных данных. Учёт фактора естественной освещённости: расчёт и анализ полученных результатов.

Этап II. Построение и расчёт теплицы (культура салат) по параметрам всего тепличного блока (теплица №1, $S = 4334,4 \text{ м}^2$, количество световых приборов ДНаЗ $N = 630$ шт.). Анализ расчётных данных освещённости на различных уровнях. Определение позиций расчётных поверхностей на разных высотах в горизонтально плоскости для оценки освещённости в объеме помещения: 1) Расчётная поверхность 1 – рабочая плоскость на высоте $h_1 = 0,85 \text{ м.}$; 2) Расчётная поверхность 2 – на высоте $h_2 = 1,4 \text{ м.}$; 3) Расчётная поверхность 3– на высоте $h_3 = 2,6 \text{ м.}$

Этап III. Разработка светодиодного освещения по выращиванию салата в многоярусной системе.

4.1 Этап I проектной части работы (по параметрам домика теплицы)

В работе над тематикой настоящей ВКР были привлечены данные по наблюдениям и эксперименту (авторы Жидолович Е.В., Уахи А., Бактыбаев А.А. – студенты по направлению обучения «Оптотехника») для нахождения оптимальных параметров 3D моделирования тепличного комплекса по выращиванию салата.

В ходе осеннего семестра состоялось посещение предприятия ООО «Трубачево» в посёлке Трубачево Томской области в рамках экскурсии (05.10.2017г) предоставленной НИТПУ и администрацией предприятия «Горзеленхоз», г. Томска. В период с 5 по 19 февраля 2018 года, в рамках производственной практики (магистрант группы 4ВМ6А Бактыбаев А.А.), были проведены измерения по освещённости и плотности фотосинтетического фотонного потока (PPFD) в тепличном комплексе ООО «Трубачево» в частности для теплицы №1 по выращиванию салата. В течении весеннего семестра 2017/2018г с апреля по июнь 2018г изучался материал по наблюдениям и эксперименту, а также проводилась работа по компьютерному моделированию с общим анализом экспериментальных и расчётных данных (теплица №1, культура – салат). Сводная таблица хода мероприятий по изучению темы настоящей работы приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная таблица по проведению и участию в исследованиях по теме настоящей выпускной квалифицированной работы.

Дата наблюдений и эксперимента	Содержание работ	Приборы для наблюдений и эксперимента	Участники
05.10.2017г	Обзорная экскурсия на предприятие ООО «Трубачево» http://hr.tpu.ru/about-hr/novosti-hr-sluzhbyi/ekskursiya-uchastnikov-kadrovogo-rezerva-tpu-na-predpriyatiya-ooo-trubachevo.html	Личное присутствие, участие в обсуждениях, фотоаппарат	Студент группы 4В41 Жидолович Е.В.
05.02-09.02.2018г	Измерение освещенности в салатной теплице. Обработка данных.	Люксметр «ТКА-Люкс»	
19.02-23.02.2018г	Измерение PPFD в теплице салата. Обработка данных.	Спектрофотометр «ТКА-Спектр ФАР» 	Магистрант группы 4ВМ6А Бактыбаев А.А.
Апрель, май, июнь 2018г	Компьютерное трёхмерное моделирование, расчёт и анализ полученных результатов(салат)	DIALux версия 4.13	Студент группы 4В41 Жидолович Е.В.

Габариты столов для выращивания листового салата, расположенных в теплице №1 (15 домиков), составляют 31,5 × 8 м. Высота до светильников равна 3,05 м. Была измерена освещенность в теплице на расстоянии от пола на 0,85м. На рисунке 4.1 приведены результаты измерений крайнего №1 домика и среднего №8 соответственно, выполненные в период с 05 по 09 февраля 2018г.

Светло-жёлтым цветом обозначены значения освещённости выше 10 клк, ниже 10 клк – ярко жёлтым.

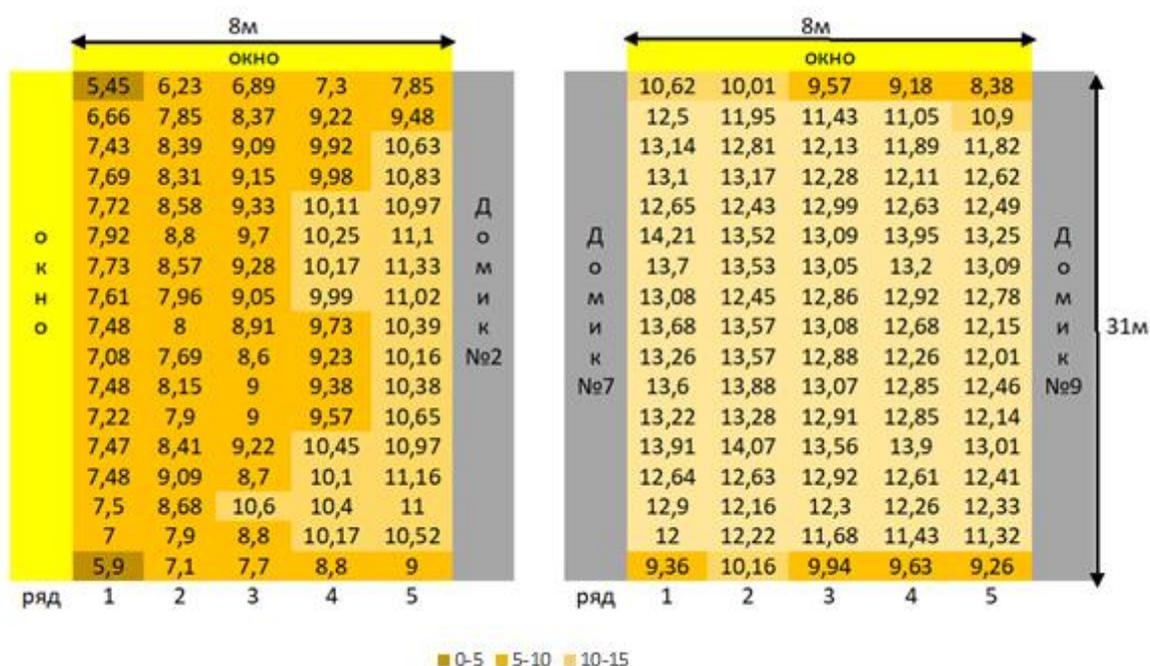


Рисунок 4.1 – Значения освещенности в контрольных точках крайнего №1(а) и среднего №8(б) домиков в салатной теплице (по данным А.А. Бактыбаева)

По значениям освещённости и цветным представлении данных следует отметить, что уровень освещённости среднего домика выше и более равномерно по значениям. Уровень освещенности крайнего домика так же высок, но значения освещённости смещаются в середину теплицы, возле окна значения освещённости ниже 10 клк. При том, что уровень освещённости в поле роста и развития растений (салат) достаточный, равномерность присутствует и составляет:

$$Q_1 = E_{min}/E_{cp} = 5,45/8,87 = 0,614$$

$$Q_8 = E_{min}/E_{cp} = 8,38/12,38 = 0,676$$

Для анализа и систематизации данных в ходе настоящей работы были построены контурные диаграммы в Excel для наглядности освещения в конкретных позициях домиков №1 и №8 соответственно (см. рисунок 4.2).

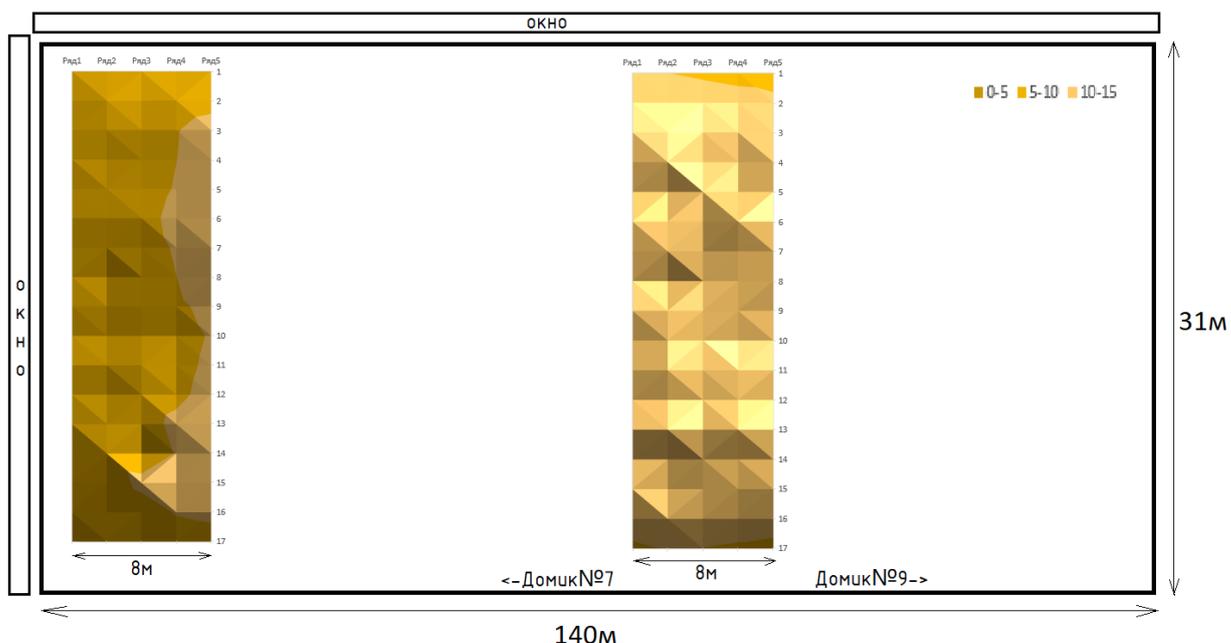


Рисунок 4.2 – Диаграмма распределения освещенности в крайнем №1 и среднем №8 домике салатной теплицы

Зафиксированные в ходе эксперимента (автор Бактыбаев А.А.) показания плотности фотосинтетического фотонного потока (PPFD) измеряемая в ((мкмоль/с)/) в среднем домике №8 представлены в таблице 4.2.

Таблица №4.2 Значения плотности фотосинтетического фотонного потока (PPFD) в среднем домике №8

	Контрольные точки измерений PPFD мкмоль/(м ² ·с)					
	120	125,7	135,7	127,9	131	
Ряды листового салата	137,4	155,5	142,7	154,1	133	1
	150,8	149,3	142,6	142,6	128,9	2
	142,9	151	160,4	155,5	158,5	3
	132,9	143	166,6	155,9	146,3	4
	113	151,6	152,6	166,1	149,3	5
	134,4	140,5	143,3	163,7	144,8	6
	149,3	155,2	154,8	159,2	154,1	7
	145,9	161,5	157,1	159,7	144,5	8
	162,3	176	140,8	120,6	154,9	9
	154,1	140,5	146,4	155,3	135,5	10
	157,9	132,5	154,4	160,6	152,8	11
	146,6	163,4	147,7	165	150,1	12
	154,4	148,9	147,2	144,8	150,8	13
	140,2	152,3	142,1	148,5	154,7	14
	141,7	140,1	145,3	146,5	153,6	15
	135,4	138,5	135,1	141,4	143,6	16
	115,2	118,5	117,5	125,6	118,3	17
						18

В среднем домике салатной теплице количество PPFD (таблица №4.2) составляет в среднем ≈ 146 мкмоль/(м²·с).

Для выяснения причин низкой освещенности у окна (крайнего домика №1) были высказаны следующие предположения:

- 1) Время измерения крайнего домика №1 приходилось на более раннее (тёмное время за окном) время, т.е. за отсутствием естественной освещённости. А измерение освещённости над поверхностью домика №8 – определены совокупным воздействием ОУ и фактором естественной освещённости.
- 2) Уровень освещенности над домиком №8 выше, так как обеспечивается большим числом СП.

Для более точного понимания высказанных предположений были сделаны следующие расчётные мероприятия, которые проиллюстрированы ниже.

Таблица 4.3 – Данные по характеристикам состояния светового дня на даты проведения эксперимента

Дата	Облачность	Восход Солнца	Долгота дня	Время
05.02.2018	ясно	9:09	08ч.50м.	9:30
				11:30
				13:30
				15:30
06.02.2018	пасмурно	9:07	08ч.54м.	9:30
				11:30
				13:30
				15:30
07.02.2018	пасмурно	9:05	08.59м.	9:30
				11:30
				13:30
				15:30
08.02.2018	облачно	9:03	09ч.03м	9:30
				11:30
				13:30
				15:30
09.02.2018	пасмурно	9:01	09ч.08м	9:30
				11:30
				13:30
				15:30

Примечание. Данные приведены по [21] для учёта параметров неба при проектировании 3D модели теплицы.

Проведение расчётов при 3D моделировании в настоящей работе применялось время 9:30 (время начало эксперимента) и 13:30 (время максимального солнцестояния при заданной долготе дня) как для домиков №1 и №8 отдельно, так и в общей теплице.

Были построены модели крайнего и среднего домика теплицы в DIALux 4.13 и рассчитаны освещенности при параметрах светильников, которые приведены в таблице 3.1 (глаза 3) для теплицы №1 в ООО «Трубачево». Исследования были проведены в феврале, время начало эксперимента осуществлялось с 9:30 утра. С помощью программы DIALux 4.13 было учтено географическое положение, дата эксперимента и состояние неба (см. рисунок 4.3).

Место-нахождение: Tomsk

Географическое положение

Географическая долгота: 84.00 ° Географическая широта: 56.00 °

Данные времени

Временная зона: 7 h сдвиг относительно GMT

При расчете принять во внимание дневное освещ.

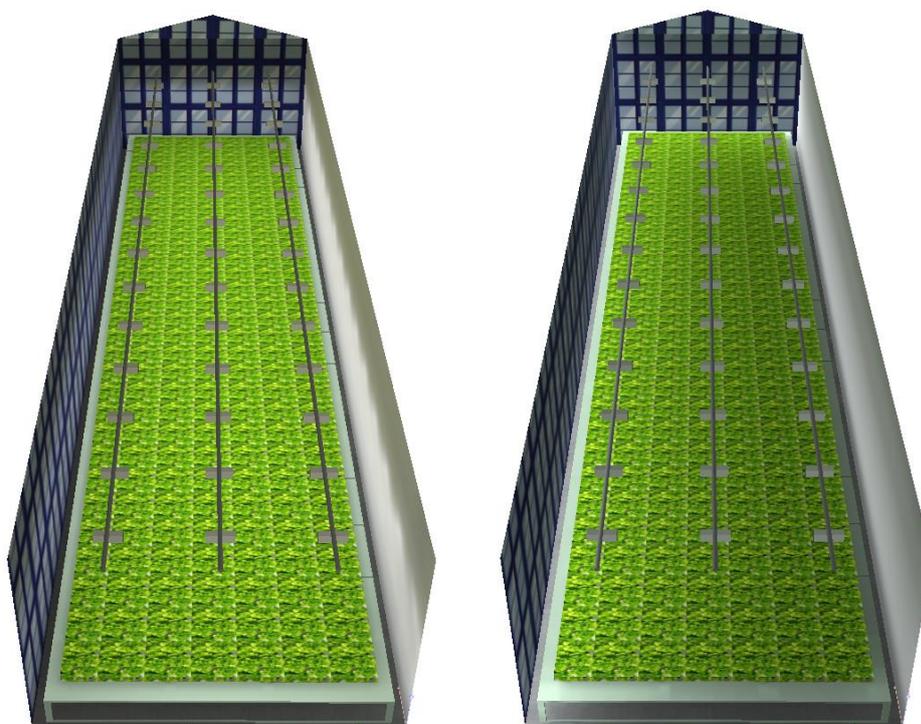
Рассчитать индекс дневного освещения

Дата: 05.02.2018 Время: 9:30:00

Модель неба: Облачное небо

III световая зона
ФАР:
610-970 (ккал/см ²)

Рисунок 4.3 – Вкладка параметров естественной освещённости в программе DIALux 4.13



а)

б)

Рисунок 4.4 – Модель крайнего домика салатной теплицы, где:

а) искусственное освещение б) искусственное + естественное (время 9:30)

освещение

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Растр: 64 x 128 Точки

E_{cp} [lx]
6694

E_{min} [lx]
3029

E_{max} [lx]
9240

E_{min} / E_{cp}
0.452

E_{min} / E_{max}
0.328

а)

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Значения в Lux, Масштаб 1 : 222



Растр: 64 x 128 Точки

E_{cp} [lx]
6895

E_{min} [lx]
3321

E_{max} [lx]
9392

E_{min} / E_{cp}
0.482

E_{min} / E_{max}
0.354

б)

Рисунок 4.5 – а) Освещенность крайнего домика №1 салатной теплицы; б)

Освещенность крайнего домика салатной теплицы с учётом естественного

освещения в 9:30

Анализ фактора естественной освещенности в настоящей расчетной задаче, выполненный при 9:30 (это и время начало эксперимента) показал, что доля естественного освещенности в это время отсутствует (см. рисунок 4.5 (а, б)).

Таблица №4.4 – Значения освещенности крайнего домика №1 на высоте $h_1 = 0.85$ м.

Растр: 64 x 128 точки	E_{cp} , ЛК	E_{min} , ЛК	E_{max} , ЛК	E_{min}/E_{cp}	E_{min}/E_{max}
В 9:30	6895	3321	9392	0,482	0,354
В 13:30	7760	4935	9595	0,636	0,514

Далее для рассмотрения уровня освещенности в вертикальной плоскости, нами были расставлены горизонтальные поверхности дополнительно в двух позициях ($h_2 = 1,4$ м и $h_3 = 2,6$ м от поверхности стола) в каждом из домиков. На рисунке 4.6-4.9 – представлен результат расчёта в градациях серого.

Для времени 9:30 колебания освещенности зафиксированы от 3000 до 15000 лк на высоте $h_2 = 1,4$ м и от 2460 до 98400 лк на высоте $h_3 = 2,6$ м. Таким образом, из приведенных данных видно, что с увеличением высоты от текущего ($h_1 = 0,85$ м) до $h_2 = 1,4$ м и $h_3 = 2,6$ м распределение освещенности имеет значение в 3 (для $h_2 = 1,4$) и выше раз ($h_3 = 2,6$ м). Такой поток освещенности и затрачиваемые средства электроснабжения, можно было бы реализовать в условиях оптимизации тепличного комплекса, например, как многоярусная (стеллажная) система, тем самым увеличить объем производства зеленой культуры (в частности салат).

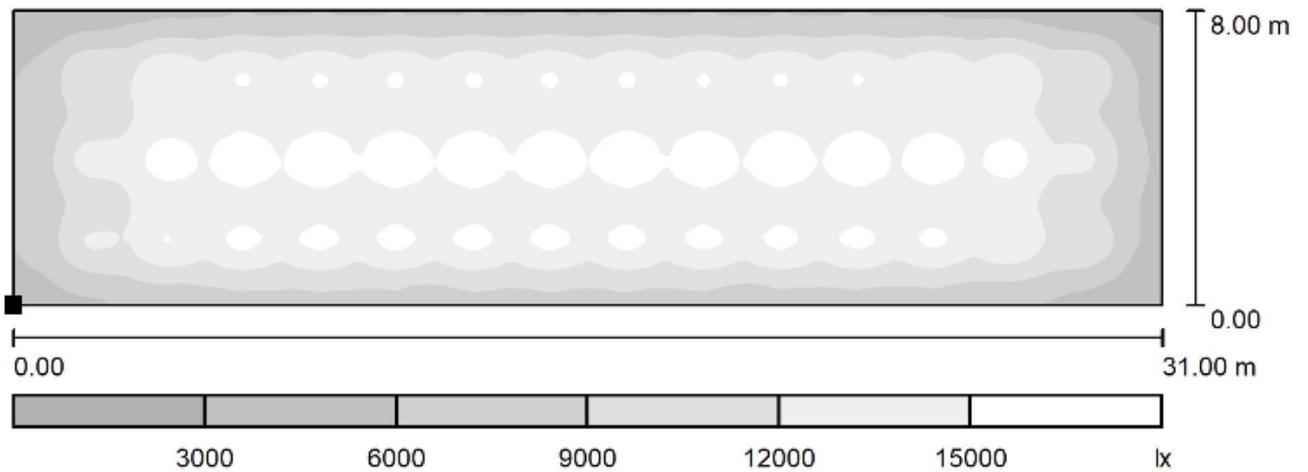


Рисунок 4.6 – Градации серого на высоте 1,40 м от поверхности стола для крайнего домика №1 (в 9:30)

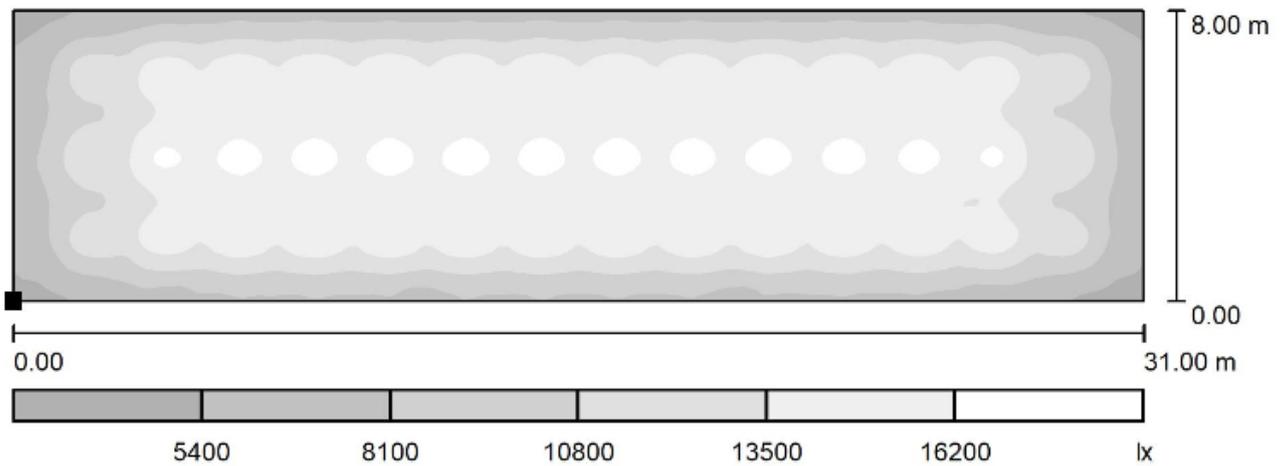


Рисунок 4.7 – Градации серого на высоте 1,40 м от поверхности стола для крайнего домика №1 (в 13:30)

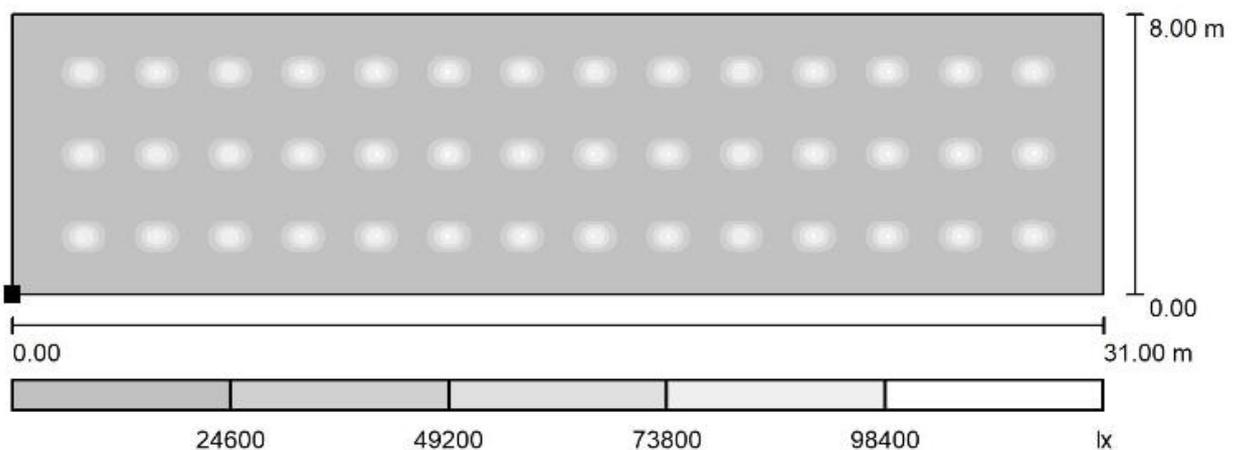


Рисунок 4.8 – Градации серого на высоте 2,60 м от поверхности стола для крайнего домика №1 (в 9:30)

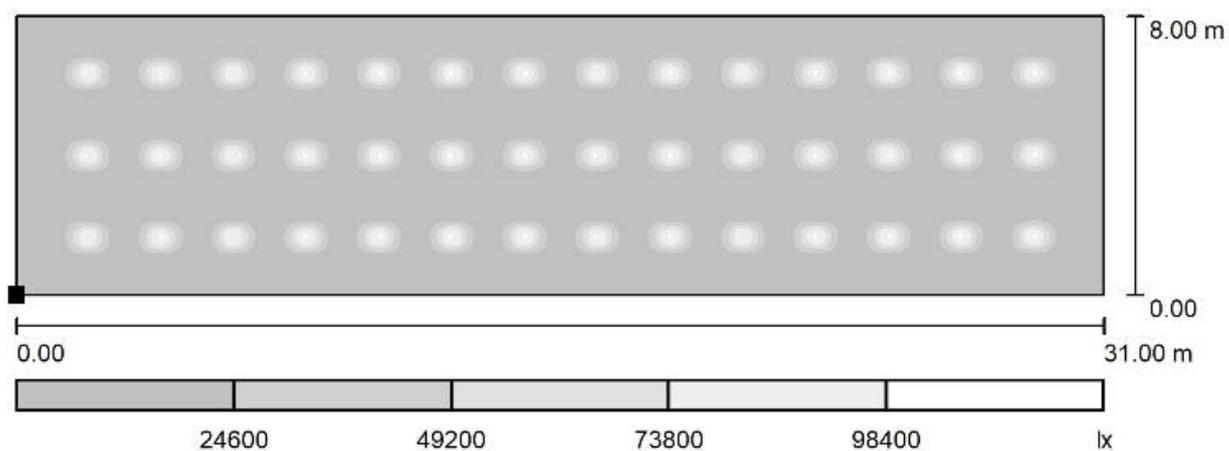
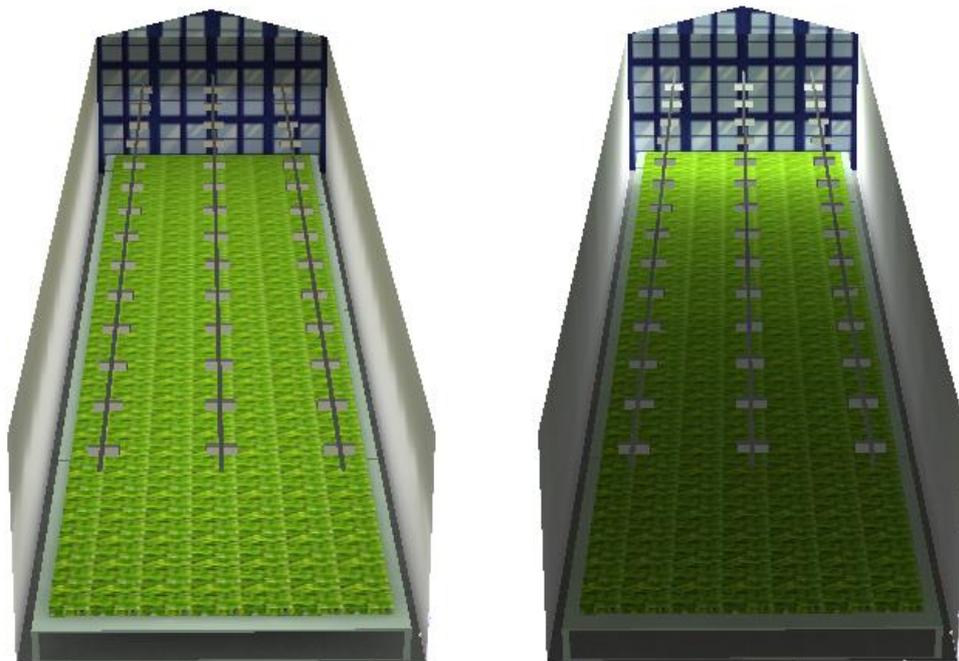


Рисунок 4.9 – Градации серого на высоте 2,60 м от поверхности стола для крайнего домика №1 (в 13.30)

Таблица №4.5 – Значения освещённости крайнего домика №1 на высотах $h_2 = 1,4$ м и $h_3 = 2,6$ м

Растр: 64 x 128 точки	Время	$E_{\text{ср}}$, лк
$h_2 = 1,4$ м	9:30	11703
	13:30	12340
$h_3 = 2,6$ м	9:30	12868
	13:30	13288

Те же самые расчёты приведены для анализа освещённости в среднем домике №8.



а)

б)

Рисунок 4.10 – Модель среднего домика №8 салатной теплицы, где:
 а) искусственное освещение б) искусственное + естественное (время 9:30) освещение

Расположение поверхности в помещении:
 Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Растр: 64 x 128 Точки

E_{cp} [lx]
7681

E_{min} [lx]
3757

E_{max} [lx]
9749

E_{min} / E_{cp}
0.489

E_{min} / E_{max}
0.385

а)

Расположение поверхности в помещении:
 Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Значения в Lux, Масштаб 1 : 222



Растр: 64 x 128 Точки

E_{cp} [lx]
7820

E_{min} [lx]
3940

E_{max} [lx]
9903

E_{min} / E_{cp}
0.504

E_{min} / E_{max}
0.398

б)

Рисунок 4.11 – а) Освещенность среднего домика №8 салатной теплицы; б) искусственное + естественное (время 9:30) освещение

Таблица №4.6 – Значения освещённости среднего домика №8 на высоте $h_1 = 0.85$ м.

Растр: 64 x 128 точки	$E_{\text{ср}}$, ЛК	E_{min} , ЛК	E_{max} , ЛК	$E_{\text{min}}/E_{\text{ср}}$	$E_{\text{min}}/E_{\text{max}}$
В 9:30	7820	3940	9903	0,504	0,398
В 13:30	8007	5142	9876	0,642	0,521

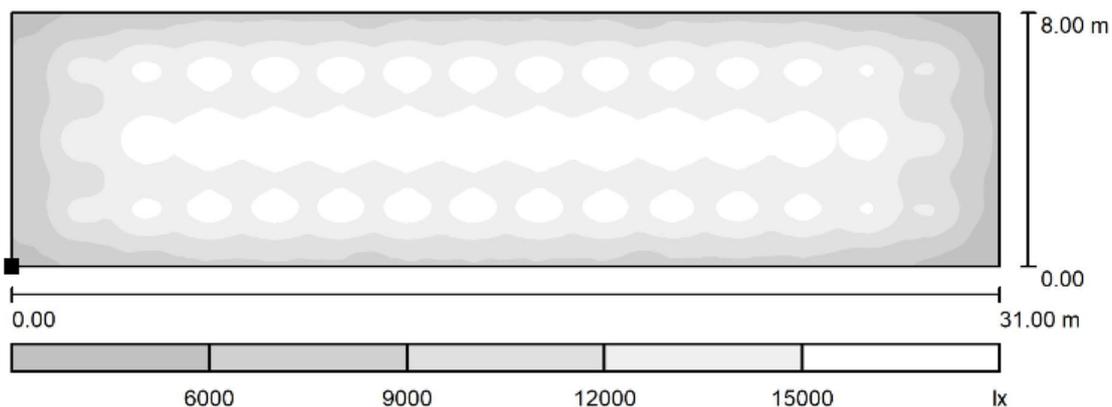


Рисунок 4.12 – Изолинии (E) на высоте 1,40 м от поверхности стола для среднего домика №8 (в 9:30)

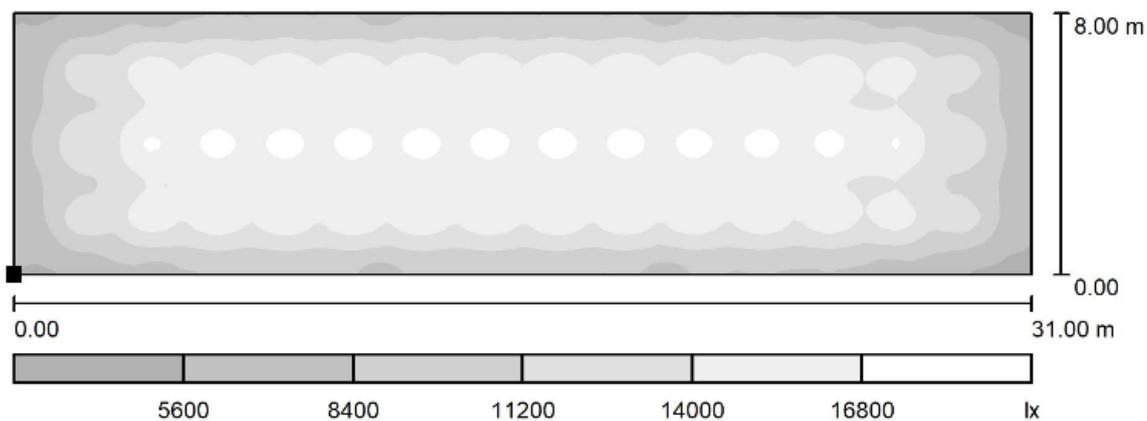


Рисунок 4.13 – Изолинии (E) на высоте 1,40 м от поверхности стола для среднего домика №8 (в 13:30)

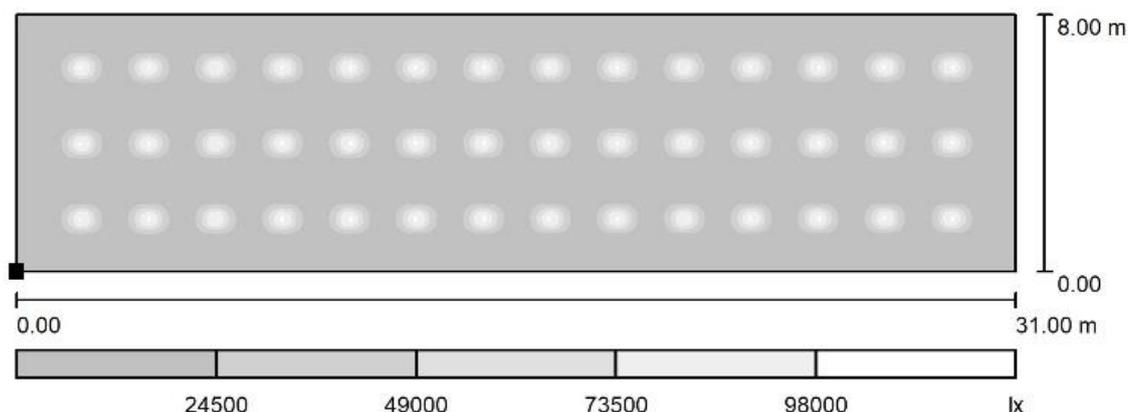


Рисунок 4.14– Изолинии (E) на высоте 2,60 м от поверхности стола для среднего домика №8 (в 9:30)

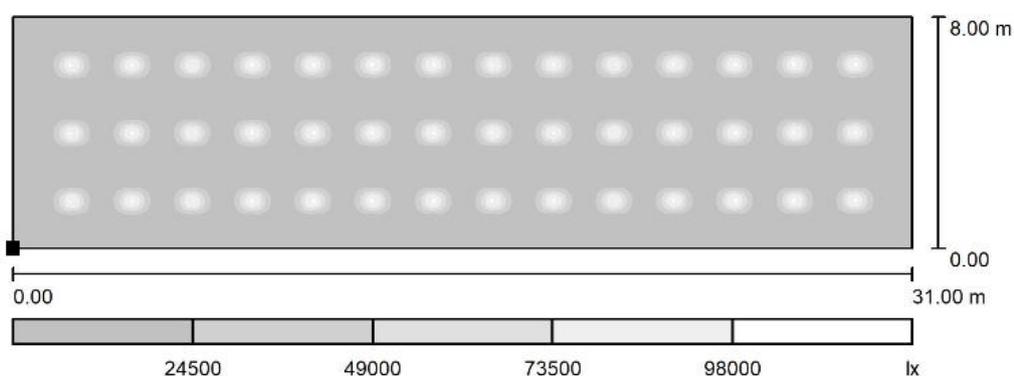


Рисунок 4.15 – Изолинии (E) на высоте 2,60 м от поверхности стола для среднего домика №8 (в 13:30)

По ситуации распределения освещенности среднего домика №8 можно отметить следующее:

- уровень освещённости (E_{cp}) выше чем в крайнем домике на время 9:30 и в отсутствии естественной освещенности составляет 7681 лк, что выше на 786 лк.
- вклад естественной освещенности для среднего домика также присутствует, но намного меньше чем в крайнем.

Таким образом предположения подтверждены расчётными данными и коррелируются с данными эксперимента рассчитанными на время 9:30 (для крайнего домика №1) и 13:30 (для среднего домика №8).

Кроме того, анализируя полученные расчетные данные освещённости в двух домиках можно сделать вывод, что в «домике» №8 средняя освещённость незначительно выше чем в «домике» №1. Это объясняется и тем, что в среднем домике №8 влияние световых приборов на поверхность выше, чем в крайнем

домике №1. Так же влияют показатели естественной освещенности, которые значительно преобладают над поверхностью крайнего домика №1, так как связано с большей площадью привлечение света от окон.

4.2 Этап II проектной части работы (по общему объему теплицы)

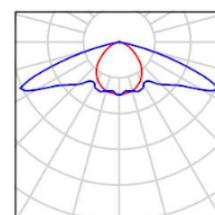
Для получения значения освещенности в общем объеме теплицы была построена 3D модель как внутреннего пространства здания (помещения). Внешние поверхности стен и потолка обработаны как окно для учета фактора естественной освещенности при фиксированных параметрах географического положения (координаты г. Томска) и переменных составляющих времени, даты и параметров неба.



а)

630 шт. GALAD ЖСПЗОРуЭк-600-013 REFLUX
 № изделия: ЖСПЗОРуЭк-600-013 REFLUX
 Световой поток (Светильник): 90027 lm
 Световой поток (Лампы): 90000 lm
 Мощность светильников: 600.0 W
 Классификация светильников по CIE: 100
 CIE Flux Code: 31 64 96 100 100
 Комплектация: 1 x НЛВД ReFlux 600 Вт (Поправочный коэффициент 1.000).

Изображение светильников дается в фирменном каталоге.



б)

Рисунок 4.16 – а) 3D модель общей салатной теплицы; б) ведомость использованных светильников

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Растр: 64 x 128 Точки

E_{cp} [лк]
7075

E_{min} [лк]
3142

E_{max} [лк]
13626

E_{min} / E_{cp}
0.444

E_{min} / E_{max}
0.231

Рисунок 4.17 – Искусственная освещенность салатной теплицы с использованием натриевых ламп

Таблица №4.7 – Освещенность салатной теплицы с учетом естественного освещения

Растр: 64 x 128 точки	E_{cp} , ЛК	E_{min} , ЛК	E_{max} , ЛК	E_{min}/E_{cp}	E_{min}/E_{max}
В 9:30	7099	3282	13604	0,462	0,241
В 13:30	7287	3467	13639	0,476	0,254

Для визуализации данных эксперимента были построены сцены освещения, демонстрирующие учёт световых приборов для крайнего домика №1 и среднего домика №8, соответственно.

Для анализа освещённости в общей теплице над крайнем №1 и средним №8 домиками расставили расчетные поверхности на уровне 0,85 м от пола.

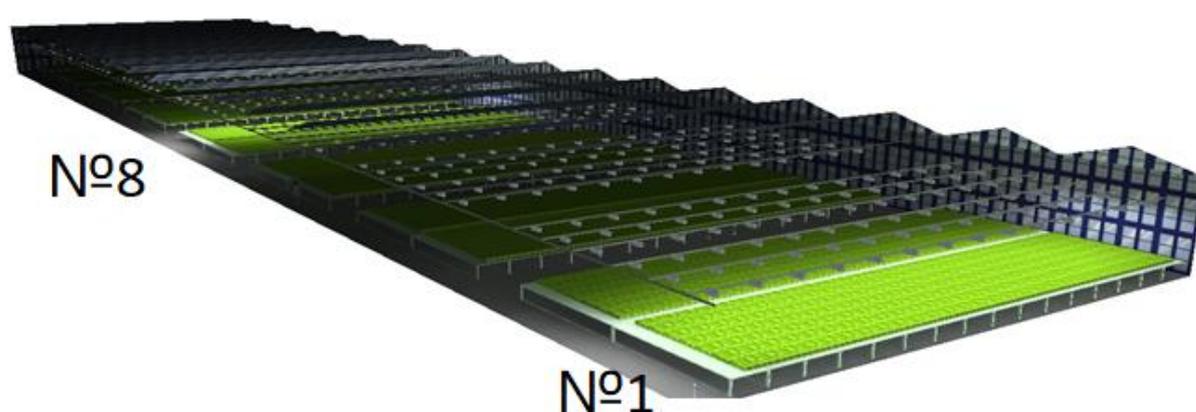
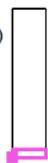


Рисунок 4.18 – Модель салатной теплицы со сценой освещения в «домиках» №1 и №8

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (-0.005 m, 0.000 m, 0.850 m)



Растр: 128 x 32 Точки

E_{cp} [lx]
6583

E_{min} [lx]
3260

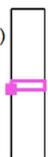
E_{max} [lx]
8935

E_{min} / E_{cp}
0.495

E_{min} / E_{max}
0.365

а)

Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 64.400 m, 0.850 m)



Растр: 128 x 32 Точки

E_{cp} [lx]
5969

E_{min} [lx]
2833

E_{max} [lx]
8576

E_{min} / E_{cp}
0.475

E_{min} / E_{max}
0.330

б)

Рисунок 4.19 – Освещенность крайнего домика №1(а) и среднего домика №8(б) в общей теплице

Сравнивая полученные данные освещённости с данными в крайнем №1 и среднем №8 домиках салатной теплицы можно сказать, что в крайнем они практически не отличаются, но от экспериментальных данных на два порядка меньше. В среднем же домике значения полученные из сцен освещения общей теплицы намного меньше освещенности как из фрагмента домика, так и экспериментальных данных.

Фактически на высоте 1,4 м от поверхности стола можно расположить еще уровень салата для роста в благоприятнейших условиях освещения, но этого не делается в ООО «Трубачево». Уровень освещенности с естественным светом еще более высокий. Вариант использования света впустую не очень целесообразный, лучше оптимизировать пространство для выращивания гораздо большего объема салата либо различных других низкорослых культур.

Современное многоярусное исполнение установок [23] является эргономичным и эффективным с точки зрения использования пространства, а также позволяет избежать дополнительных затрат на строительство специальных помещений, уменьшает затраты на логистику и хранение, минимизирует время

монтажа и пусконаладочные работы (ПНР). Система управления установкой полностью контролирует все процессы, включая рекуперацию тепла, CO_2 и ассимиляционное освещение, что позволяет оптимизировать работу поставляемого оборудования и сделать ее более эффективной.

4.3 Этап III проектной части работы (создание многоярусной установки стеллажного типа с светодиодными источниками света)

В установках для облучения растений в многоярусных установках стеллажного типа измерения производят применительно к одной произвольно выбранной стеллажной полке. Измерения проводят в горизонтальной плоскости посадки растений (при отсутствии растений) в контрольных точках, схема расположения которых показана на рисунке 4.24. [24]

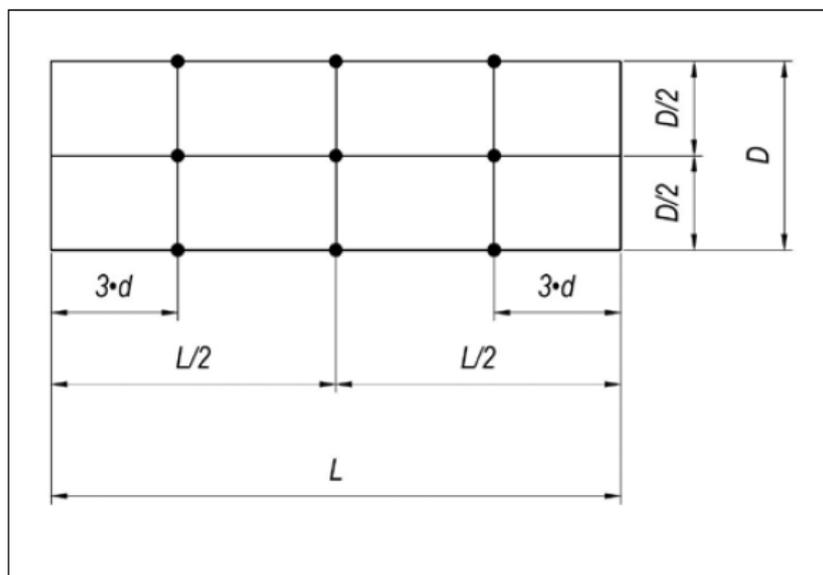


Рисунок 4.20 – Схема расположения контрольных точек измерения горизонтальной облученности в многоярусных установках стеллажного типа, где ● – контрольная точка, L – длина полки, D – ширина полки.

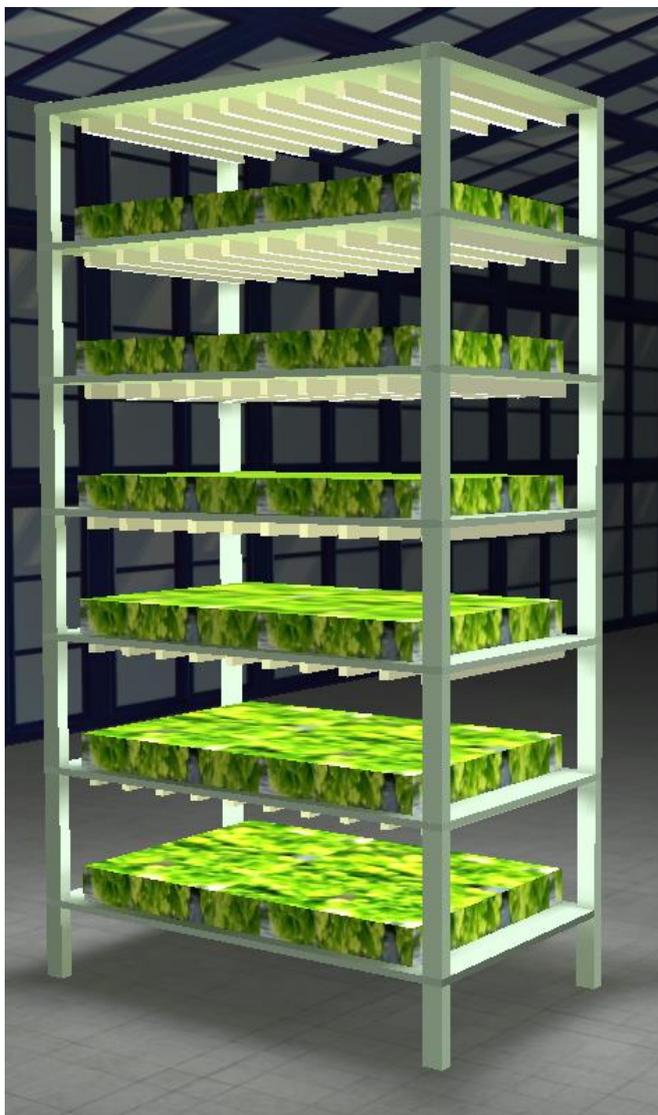
Стеллажи представляют собой секции и могут быть объединены в один большой автоматизированный промышленный многоярусный модуль, что очень удобно для выращивания в больших объемах с кратным увеличением коммерческой выгоды. Стандартные размеры секций, которые были учтены при построении:

Длина – 2100 мм;

Ширина – 1200 мм;

Высота – 3800 мм;

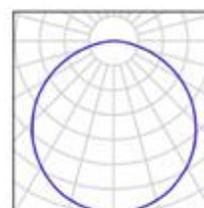
Расстояние между полками – 500 мм [25].



а)

60 шт.

LED Linear GmbH XCOOLIGHT HYDRA HD25 W850 IP67 1000
№ изделия:
Световой поток (Светильник): 1814 lm
Световой поток (Лампы): 1814 lm
Мощность светильников: 25.0 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 47 79 96 100 100
Комплектация: 1 x По определению пользователя
(Поправочный коэффициент 1.000).



б)

Рисунок 4.21 – а) 3D модель многоярусной установки; б) ведомость использованных светильников

Данная кривая силы света обеспечивает равномерность распределения освещённости за счёт пересечения друг с другом, на одной из полок многоярусной установки.

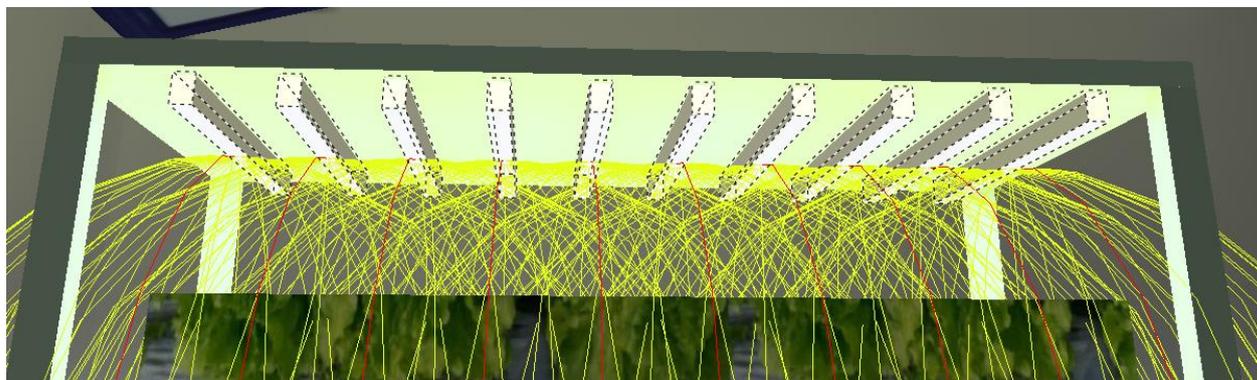


Рисунок 4.22 – Расположение светильников на одной полке (10 шт)

Таблица 4.8 – Значения освещённости в многоярусной установке

Растр 32×32	E_{cp} , лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк	E_{min}/E_{cp}	E_{min}/E_{max}
1 полка (сверху)	2881	1586	4365	0,551	0,363
2 полка	2874	1408	4389	0,490	0,321
3 полка	2821	1385	4301	0,491	0,322
4 полка	2897	1562	4526	0,539	0,345
5 полка	2799	1399	4320	0,500	0,331
6 полка	2847	1383	4285	0,486	0,323



Рисунок 4.23 – 3D модель домика с многоярусной установкой стеллажного типа для салата

Такая конструкция позволяет наиболее оптимально использовать ограниченное пространство. Система также позволяет экономичнее выращивать не только зелень (основная культура большинства вертикальных ферм), но и другие низкорослые растения.

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению вопросов адаптивной среды и стандартизации в области освещения тепличных комплексов на стадии компьютерного моделирования. В качестве проекта в нашем случае выступает освещение тепличного комплекса ООО «Трубачево» г. Томска. Проект нацелен на замену осветительных установок на светодиодные источники света, которые напрямую связаны с уменьшением затрат на электроэнергию.

Данный раздел ВКР содержит оценку коммерческого потенциала разработанного проекта, анализ потенциальных потребителей и конкурентных решений. Рассмотрены перспективы и альтернативы проекта, отвечающего современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения, планирования работ, определения ресурсной (ресурсосберегающей) и финансовой эффективности проекта.

Достижение цели обеспечивается решением ряда следующих задач:

- составление календарного плана и графика работ;
- оценка стоимости материально-технических, человеческих и финансовых ресурсов для исполнения проекта;
- формирование сметы на реализацию проекта;
- оценка ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Проектная организация осуществляет ряд услуг в направлении освещения тепличных комплексов, соответственно, можно провести сегментацию рынка потребителей по критерию оказываемых услуг. В области производственного освещения наиболее часто осуществляются такие виды деятельности как создание новой осветительной установки, подготовка технических отчетов, а также замена осветительной техники. На рисунке 5.1 можно увидеть процентное соотношение востребованности услуг.



Рисунок 5.1 – Диаграмма востребованности услуг в области освещения

И для того, чтобы понять в каком направлении деятельности нужно развиваться создаётся карта сегментирования (таблица №5.1).

Таблица №5.1 – Карта сегментирования

	Создание новой осветительной установки	Замена осветительной техники	Подготовка технического отчета
ООО «Трубачево»		■	■
ООО «Агро – Инвест»	■		■
ВКР	■		■

Из карты сегментирования можно видеть, что развитие проекта стоит проводить в направлении «Создание новой осветительной установки».

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Конкурентом предложенной осветительной установки с использованием светодиодных источников света является осветительная установка с газоразрядными источниками излучения. Для сравнения конкурентных технических решений составим оценочную карту (таблица №5.2).

Таблица №5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Газоразрядные лампы	LED	Газоразрядные лампы	LED
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,08	3	4	0,24	0,32
Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
Надежность	0,07	2	2	0,14	0,21
Уровень шума	0,01	2	3	0,02	0,03
Безопасность	0,09	1	4	0,09	0,18
Простота эксплуатации	0,11	2	4	0,22	0,33
Итого:	1	30	36	2,85	3,85

По результатам анализа сведений, представленных в таблице №5.2, можно сделать вывод, что современные светодиодные светильники – новый виток развития светотехнической отрасли. Конечно, заинтересовать потенциального потребителя низкими ценами на продукцию не получится, но показав возможности энергоэффективности и длительный срок службы данных источников света, возможно, это и будет эффективным способом привлечения внимания потребителей. Быстрое и качественного исполнение заказа поможет сохранить партнерские отношения для дальнейшего обслуживания объекта.

5.3 Планирование проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

5.3.1 Структура работ

Для выполнения научных исследований формируется группа, в состав которой входит научный руководитель и дипломник (таблица №5.3).

Таблица №5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение необходимой литературы	Инженер
	5	Изучение ОУ в ООО «Трубачево»	Инженер
	6	Разработка 3D-модели исследуемого объекта	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер
	8	Обработка полученных результатов после освещения с LED светильниками	Научный руководитель, инженер
Составление отчета	9	Оформление отчета	Инженер
Защита отчета	10	Защита проекта	Инженер

5.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Наиболее ответственной частью экономических расчетов по теме является расчет трудоемкости работ, так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости проекта.

Под трудоемкостью работ понимают максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение проекта с учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

В данном случае удобно использовать опытно-статистический метод, который можно реализовать двумя путями:

- методом аналогов;
- вероятностным методом.

По методу аналогов трудовые затраты определяются по работам, проведенным ранее, с помощью нескольких коэффициентов, таких как коэффициент новизны данного вида работ, коэффициент сложности данного вида работ. Значения данных коэффициентов определяются экспертным путем руководителей научно-исследовательских работ путем сопоставления с ранее законченными исследованиями и разработками. В связи с тем, что данная работа относится к числу поисковых работ, применение системы аналогов практически невозможно ввиду новизны работ, поэтому для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ожі}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

Таким образом, исходными данными являются следующие вероятностные оценки продолжительности каждой работы:

- оптимальная или минимальная (t_{min}) оценка продолжительности работы в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств;
- пессимистическая или максимальная (t_{max}) оценка продолжительности работы в предположении, что она будет выполняться при наиболее неблагоприятных условиях.

На основании вероятностных оценок усредняют продолжительности работ (метод усреднения), и вероятностные графики рассматриваются как детерминированные. При этом в качестве детерминированных оценок продолжительности работ используются их ожидаемые (средние) значения $t_{ож}$, которые определяются по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где:

t_{mini} – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дни;

t_{maxi} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел.-дни.

Сроки t_{mini} и t_{maxi} устанавливаются методом экспертных оценок.

Для выполнения перечисленных в таблице 3 работ требуются специалисты:

– инженер (И);

– научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}$$

где:

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

$t_{ожи}$ – 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:

$$T_{ki} = T_{pi} * k$$

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:

$$k = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1.45$$

тогда следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

5.3.3 Разработка графика проекта

В качестве графика выполнения проекта используется диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения запланированных работ. Для построения графика длительность каждого этапа работ устанавливается в рабочих днях. Данные для построения графика приведены в таблице №5.4.

Таблица № 5.4 – Временные показатели проведения научного исследования

№ этапа	Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях
		t_{min} , чел.-дни	t_{max} , чел.-дни	$t_{ож}$, раб.-дни		
1	Составления задания	1	2	1,4	1	1
2	Выбор направления проекта	1	2	1,4	1	1
3	Теоретические и экспериментальные данные	17	23	19,4	1	20
4	Обобщение и оценка результатов	17	20	18,2	2	16
5	Составление отчета	43	63	51	1	51
6	Защита проекта	1	2	1,4	1	1
Итого:						90

По данным таблицы 5.4 видно, что в исследовании для данной работы задействовано два человека (руководитель и студент-дипломник), а на выполнение

ние работы требуется 90 календарных дней. По расчетным данным строится диаграмма Ганта (таблица №5.5).

Таблица № 5.5 – Диаграмма Ганта

№	Этап работы	Исполнители	T _{ki} раб. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Март			Апрель			Май			Июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составления задания	Р	1	□												
2	Выбор направления исследований	Д	1	■												
3	Теоретические и экспериментальные исследования	Р	20			□										
		Д				■										
4	Обобщение и оценка результатов	Р	16				□									
		Д					■									
5	Составление отчета	Р	51						□							
		Д									■					
6	Защита отчета	Д	1												■	
Д- дипломник				■												
Р-руководитель				□												

5.4 Смета проектной работы

5.4.1 Расчет материальных затрат проекта

Достоверное и максимально полное отражение всех видов расходов обязательное условие при планировании бюджета научно-исследовательского проекта. При формировании бюджета работ по проекту применимы следующие затраты:

- материальные затраты научно-исследовательского проекта;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат определяется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{рас\ xi}$$

где:

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

$N_{рас\ xi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.)

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица №5.6 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы Руб.		
		Исп.1	Исп.2	Имп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Ручка	Шт.	1	1	1	2	2	2	23	23	23
Бумага	лист	100	130	150	20	20	20	230	269	245
Интернет	Мбайт (Пакет)	1	1	1	450	450	450	517,5	517,5	517,5
Электроэнергия	кВт/ч	34	39	42	2,7	2,7	2,7	105,5	121,1	127,31
Итого:								930,6	930,6	912,81

5.4.2 Основная и дополнительная заработная плата

Основная заработная плата состоит из тарифной платы работников, непосредственно связанных с созданием проекта, включая премии и доплаты. Заработная плата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где:

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

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

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и дипломник (табл. 7). Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

Таблица №5.7 – Расчет заработной платы

Исполнители	Кол-во дней	$Z_{\text{день}}$, руб./день	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	40	3600	144 000	21 600	215 280
Дипломник	90	800	72 000	10 800	107 640
Итого:	322 920 руб.				

5.4.3 Страховые взносы во внебюджетные фонды (отчисление на социальные нужды)

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 № 5.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{зп}}$, руб.	$Z_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	215280,00	58 340,88
Дипломник	107640,00	29 170,44
Итого:		87 511,32

5.4.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot K_{\text{нр}}$$

где:

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

В статью накладных расходов вошла стоимость печати, а также затраты на электроэнергию. Стоимость одной печатной страницы установилась на уровне 2 рублей, всего сделано 100 страниц печати. Тогда расходы на печать и ксерокопирование составят:

$$П = 2 \cdot 100 = 200 \text{ рублей}$$

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = Ц \cdot N \cdot n \cdot t_{\text{зан.ч}}$$

где: Ц — стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, р.;

N — мощность оборудования, кВт;

n — количество единиц оборудования одного вида, ед.;

$t_{\text{зан.ч}}$ — время занятости оборудования, ч.;

$$\mathcal{E} = 5,8 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 330 = 766 \text{ руб.}$$

5.4.5 Формирование сметы затрат на реализацию проекта

Таблица №5.9 – Расчет сметы затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, рублей	Примечание
Материальные затраты проекта	2774,01	Таблица 6
Затраты на оплату труда исполнителей	322920,00	Таблица 7
Отчисления во внебюджетные фонды	87511,32	Таблица 8
Накладные расходы	766,00	
Бюджет затрат	91574,25	Общая сумма статей

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано

с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

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

где:

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путём по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 5.10).

Таблица №5.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исслед.	Весовой коэфф. параметра	LED источники	Газоразрядные источники
Уровень новизны	0,1	5	1
Энергосбережение	0,3	5	3
Надежность	0,2	4	2
Стоимость	0,3	1	5
Возможность реализации	0,1	4	3
Итого	1	3,5	2,8

$$I_{p\text{-светодиодные}} = 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 1 = 3,5$$

$$I_{p\text{-газоразрядные}} = 0,1 \cdot 1 + 0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 = 2,8$$

Показатель ресурсоэффективности проекта 3,5 по пятибалльной шкале, что достаточно хорошо и говорит об эффективности использования техниче-

ского проекта. Однако, у предложенного проекта слишком высокая стоимость световых приборов по сравнению с уже имеющимися при одинаковых показателях осветительной установки.

Таким образом, исходя из полученных результатов в разделе ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно сделать следующие выводы:

Выполнен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и сделан вывод, что современные светодиодные светильники – новый виток развития светотехнической отрасли.

При планировании проекта была построена ленточная диаграмма Ганта, которая позволяет отслеживать и координировать работу исполнителей в ходе реализации проекта. Общая продолжительность проектных работ 90 рабочих дней;

Составлена смета, из которой следует, что для выполнения проекта потребуется 91574,25 рублей, учитывая заработную плату исполнителей проекта, а также различные социальные отчисления.

Оценка ресурсоэффективности проекта выявила ряд значительных преимуществ проекта, по сравнению с имеющейся на производстве осветительными установками, однако высокая стоимость световых приборов делает установку менее рентабельной.

Таким образом, проект можно считать эффективным и целесообразным.

Глава 6 Социальная ответственность

Данный раздел исследования посвящен анализу обеспечения благоприятных условий для его реализации. Проведен анализ вредных факторов, таких как: отклонение микроклимата в помещении, уровень шума, уровень вибрации, избыток электромагнитного излучения. Методы обеспечения безопасности при написании дипломной работы.

Научно-исследовательская работа представляет собой анализ адаптивной среды для роста и развития растений в условиях закрытого грунта.

При выполнении дипломного проекта, в основу работы входит, анализ действующей осветительной установки в ООО «Трубачево» г. Томска. Дать оценку возможных условий управления освещением на базе светодиодных источников света в тепличных комплексах, на примере салата, так же проектирование 3D-модели помещения исследуемого объекта.

Анализ санитарно-гигиенических условий труда будет проводиться применительно к рабочему месту студента, на котором разрабатывается проект выпускной квалификационной работы. Основным рабочим местом служила аудитория Томского политехнического университета (№248, к. 16 в). На время выполнения проекта студент выполняет функции инженера-проектировщика.

Основная часть работы выполнялась на персональном компьютере, что приводит к дополнительным, вредным воздействиям целой группы факторов, снижающих производительность труда.

6.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Работа инженера-проектировщика связана в основном с умственной деятельностью, нежели с физической, поэтому основная нагрузка падает на центральную нервную систему. Следовательно, условия труда оказывают влияние на деятельность мозга, органов зрения и слуха, кровообращение и дыхание человека. Для нормального функционирования организма человека и его жизнедеятельных процессов необходимы определенные условия.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в значительной мере зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов (таблица 6.1), которые могут привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья и заболеванию или снижению работоспособности [26].

Таблица №6.1– Опасные и вредные факторы при проектировании осветительных установок [27]

Наименование вида работы	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с персональным компьютером. Проектирование осветительной установки теплицы (ООО «Трубачево»)	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Поражение электрическим током; 2. Пожаро- взрывоопасность; 3. Электромагнитное излучение.	СанПиН 2.2.4-548-96 СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

На практике вышеперечисленные факторы могут приводить к нарушению зрения, костно-мышечным нарушениям, возможности заболеваний кожи лица, нервным и психическим заболеваниям, нарушениям в функционировании биологических систем организма.

Таким образом, обеспечение условий высокопроизводительного и безопасного труда заключается в организации рабочего места и создании нормальных условий труда. При этом должны быть предусмотрены меры по предупреждению или снижению утомляемости работника.

6.2 Производственная санитария

6.2.1 Шум

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами искусственного света, а также проникает извне. При повышенном действии шума и вибрации ухудшаются условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: он затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40 дБА. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [28]. Следовательно, можно считать, что кабинет соответствует рекомендуемым нормам.

6.2.2 Микроклимат

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда инженера-проектировщика в помещении является обеспечение необходимых микроклиматических условий, являющихся важной характеристикой санитарно-гигиенических условий труда.

Проанализируем микроклимат в помещении, где располагается рабочее место проектировщика. Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Работа проектировщика по интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт) относится к категории Iб. В таблице 6.2 в соответствии с [29] приведены оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата.

Таблица №6.2 – Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата

Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с	
		Фактич значение	Допустим. значение		Фактич значение	Допустим. значение
Холодный	Іб	24-27	26,1-27	40	0,1	0,1
Теплый	Іб	22-25	24,1-28	50	0,14	0,18

Параметры микроклимата в помещении, где находится рабочее место, регулируются системой центрального отопления, естественной приточно-вытяжной вентиляцией, и имеют следующие значения: относительная влажность 50%, скорость движения воздуха 0,14 м/с летом и 0,1 м/с зимой, температура летом 22 – 25 °С, зимой 24 – 27 °С.

В рабочем помещении отсутствует принудительная вытяжная вентиляция. Имеется лишь естественная, то есть воздух поступает и удаляется через вытяжное вентиляционное отверстие, щели и дверь, а в летний период через окна. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

6.2.3 Электромагнитное излучение

Любые электрические приборы, а также мониторы и системные блоки производят электромагнитное излучение. Большая часть его происходит не от 70 экрана монитора, а от видеокабеля и системного блока. В портативных компьютерах практически все электромагнитное излучение идет от системного блока, располагающегося под клавиатурой. Современные машины выпускаются заводом-изготовителем со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в СанПиН 2.2.4.1191-03 [30].

При выполнении выпускной квалификационной работы использовался ЖК-монитор – TFT LCD. ЖК-мониторы потребляют значительно меньше энергии и практически полностью безопасны.

6.2.4 Освещенность в помещении

К современному производственному освещению, в том числе освещению помещения, предъявляются высокие требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, снижает нагрузку на органы зрения, оказывает положительное психологическое воздействие на работников, содействует повышению производительности труда.

Самые лучшие условия для полного зрительного восприятия создает солнечный свет (естественное освещение). Оно бывает боковым, верхним и комбинированным. В кабинете реализовано одностороннее естественное боковое освещение через один световой проем. Однако с помощью естественного бокового освещения помещение освещается крайне неравномерно и только в светлое время суток, поэтому в остальное время необходимо использовать общее искусственное освещение. В помещении применяется общее равномерное искусственное освещение. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-400 лк, также предполагается установка светильника местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк [31].

В качестве источников искусственного освещения на рабочем месте используются люминесцентные лампы, которые попарно объединены в светильники. Эти светильники располагаются над рабочими поверхностями в равномерно-прямоугольном порядке (рисунок 6.1).

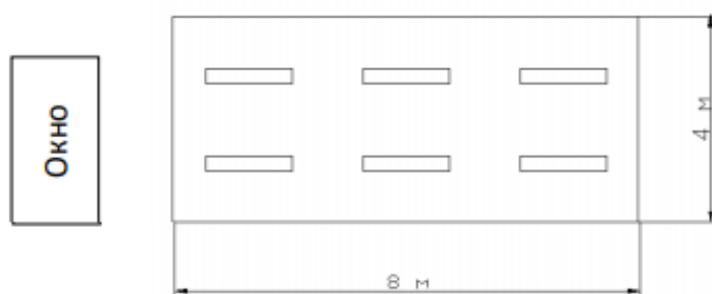


Рисунок №6.1 – План расположения светильников в аудитории №248

Произведем расчет искусственного освещения помещения методом коэффициента использования.

Для освещения 248 аудитории применяются открытые двухламповые светильники с люминесцентными лампами.

Основные характеристики ламп ЛБ:

Мощность 40 Вт;

Ток лампы 0,43 А;

Световой поток 3200 лм.

Находим индекс помещения через формулу 1.

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

где А - длина помещения, м; В - ширина помещения, м; h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{8 \cdot 4}{2(8 + 4)} = 1,33$$

В нашем случае коэффициент отражения стен будет равен $\rho_c = 50\%$.

Выбор освещенности помещения осуществляем согласно СП 52.13330.2016 [31] из которых минимальная освещенность $E_{min} = 300$ лк. Учитывая, что в помещении 6 светильников и в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп $N=12$. Тогда световой поток лампы равен:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 32 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,48} = 2750 \text{ лм.}$$

Сравниваем полученную величину светового потока с серийной, которая составляет 3200 лм.

$$-10 \leq \frac{\Phi_{\text{станд}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{станд}}} \cdot 100\% \leq 20;$$

$$-10 \leq \frac{3200 - 2750}{3200} \cdot 100\% \leq 20;$$

Получаем, $-10 \leq 14,06 \leq 20$, что соответствует стандартным нормам освещенности в помещении, где установлены компьютеры, с освещённостью 300 лк.

6.3 Электрическая безопасность

Электрический ток представляет для человека большую потенциальную опасность, так как его трудно определить в токопроводящих и непроводящих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Таким образом, работа с ПЭВМ может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами ПЭВМ.

Инженер-проектировщик работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок, манипулятор «мышь» и клавиатура), принтером, источником бесперебойного питания и сетевым фильтром. В данном случае существует опасность поражения электрическим током:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки.

В целом, кабинет №248 в 16в корпусе – помещение сухое, непыльное, с нормальной температурой воздуха и поэтому согласно вышеприведенной классификации относится к классу помещений без повышенной опасности: переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолированы, пол покрыт электроизоляционным покрытием. Корпус ЭВМ изготовлен из металлического листа, обладает высокой механической прочностью и высокими экранирующими свойствами, покрыт токонепроводящими полимерными пластмассами. Машина подключена к заземляющему контуру.

В кабинете №248 используются приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголенных токоведущих частей;
- убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления и проверить его целостность;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов, необходимо не делая никаких самостоятельных исправлений сообщить ответственному за электрохозяйство;
- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами.

При возникновении несчастного случая следует немедленно освободить пострадавшего от действия электрического тока вызвать врача, оказать ему первую медицинскую помощь.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- изоляция (надежная изоляция проводов от земли и корпусов электроустановок создает безопасные условия для персонала);
- ограждение (кожухи, крышки, шкафы, закрытые панели и т.п.);
- блокировка (автоматически снимается напряжения с токоведущих частей электроустановок при прикосновении с ним);
- пониженные напряжения (42, 36 и 12 В);

- электроразрешительные средства (изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки и боты, калоши, коврики, указатели напряжения);
- сигнализация (звуковая и световая);
- плакаты и знаки безопасности.

Повышение электробезопасности в установках достигается применением защитного заземления, защитного зануления и защитного отключения [32].

6.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

6.4.1 Оценка пожарной безопасности помещения

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Д.

Горючими компонентами в кабинете являются: мебель, двери, полы, изоляция кабелей и др.

Источниками зажигания в кабинете могут быть электронные схемы от ПЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Для кабинета №248 установлена категория пожарной опасности В [33].

Возможными причинами пожара могут быть:

- короткие замыкания; – опасная перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;

- высокая плотность размещения электронных схем;
- нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта;
- несоблюдение правил пожарной безопасности (курение не в установленном месте, горение случайно брошенной спички и т.п.).

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации. Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

6.4.2 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности [34]:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов.

Необходимо проводить в кабинете следующие пожарно- профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала; – обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.



Рисунок №6.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №16в, 2 этаж

Здание должно быть оснащено первичными средствами пожаротушения, пожарными кранами, системой пожарной сигнализации и планом эвакуации людей при пожаре [33].

6.5 Экологическая безопасность

На сегодняшний день многие компании наладили выпуск компьютерной и офисной техники нового поколения. При производстве данного вида техники используются экологически чистые вещества и материалы. В процессе эксплуатации техника нового поколения способна потреблять в разы меньше количества электроэнергии, чем прежде. Низкий фон электромагнитного и ионизирующего излучений, низкий уровень шума и использование экологически чистых материалов позволяют повысить производительность труда, сохранить здоровье сотрудников и защитить окружающую среду.

Кроме того, возможными мерами по сбережению энергии может стать использование светодиодных ламп вместо ламп накаливания и люминесцентных ламп. У светодиодных источников света энергопотребление в 10 раз меньше, чем у ламп накаливания и в 3 раза меньше, чем у люминесцентных ламп. Светодиодные лампы являются экологически чистым источником излучения по сравнению с люминесцентными лампами, где применяется ртуть. Но стоит отметить, что сейчас существует возможность сдавать отработавшие люминесцентные лампы в специализированные центры по их утилизации, что также способствует уменьшению отходов производственной деятельности.

6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Перед началом работы каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности. Инструктаж по ТБ должен включать особенности работы за ПК. При длительной работе за компьютером необходимо соблюдать режим труда и отдыха. Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определённой длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учётом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. Для предупреждения преждевременной утомляемости оператора рекомендуется организовать рабочую смену путём чередования работ с использованием ПК и без неё. При постоянном взаимодействии с ПК с напряжением внимания и сосредоточенности рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы на ПК без перерыва не должна превышать 1 ч.

Заключение

Проделана работа по анализу осветительной установки в ООО «Трубачево» так же выполнены расчёты с учетом естественной освещённости, для сравнения с экспериментальными данными.

По выполненной работе можно сделать такой вывод:

1. Получены расчётные данные по фрагменту (домик) салатной теплицы. Приведено сравнение экспериментальных и расчётных данных.
2. Смоделированы расчётные данные по общему объему салатной теплицы с учётом экспериментальных данных.
3. Высказаны в работе предположения о факторе естественной освещённости для крайнего и среднего домика. Подтверждены расчётными данными. Вклад естественной освещённости в экспериментальных данных присутствует (для крайнего домика $E_{\text{ср}} = 8$ клк, для среднего домика $E_{\text{ср}} = 12$ клк) и отличается в домиках на 4000 лк.
4. Смоделирован пример многоярусной установки стеллажного типа для оптимизации используемого пространства, с помощью которого объем производства можно увеличить до 4-5 раз.

Список используемой литературы

1. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. – 2000г. – 213с.
2. [РД-АПК 1.10.09.01-14](#) Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады
3. Полякова М.Н., Мартиросян Ю.Ц., Диловарова Т.А., Кособрюхов А.А. Фотосинтез и продуктивность у растений базилика (*Ocimum basilicum* L.) при облучении различными источниками света // Сельскохозяйственная биология. – 2015г. – Т. 50. – № 1. – С. 124-130.
4. Емелин А.А., Прикупец Л.Б., Тараканов И.Г. Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры // Светотехника. – 2015г. – № 4. – С. 47- 52
5. Первая в мире действующая теплица на светодиодах Phillips [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.utk.org.ua/ru/publications/press/The+first+industrial+greenhouse/>
6. Philips GreenPower LED toplighting system [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/products/greenpower-led-toplighting>
7. New highly efficient LED toplight range including a specific design for North American UL and CSA standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/press-releases/new-greenpower-led-toplight>
8. Trial at GreenQ Improvement Centre a great success [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/press-releases/green-q>

9. Higher yields, improved quality and better climate control with LED solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/press-releases/iftf>
10. Floriculture customers confirm competitive advantages of propagating and growing crops with Philips LED toplighting [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/press-releases/competitive-advantages-of-led-in-floriculture>
11. Desmet goes from 45 μmol using HPS to 80 μmol using only LED [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lighting.philips.com/main/products/horticulture/press-releases/doubling-of-light-level>
12. ГОСТ Р 57671-2017 Приборы облучательные со светодиодными источниками света для теплиц. Общие технические условия
13. Эффективное светодиодное освещение теплиц. Л.А. Неменушая 04.07.2017г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agbz.ru/articles/effektivnoe-osveschenie-teplits>
14. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы (с изменениями на 1 марта 2018 года)
15. Уникальный проект Philips Lighting для российских аграриев. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroinwest.com/novosti/unikalnyy-proekt-philips-lighting-dlya-rossiyskikh-agrariyev/>
16. СНиП 2.10.04-85 Нормы и правила ФАР
17. Светодиодное освещение Philips для теплиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.philips.com/horti
18. Выращивание салата в теплице [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplicnik.ru/posadki/vyrashhivanie-salata-v-teplice-tonkosti-processa.html>
19. Агрокомплекс ООО «Трубачево» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flora-tomsk.ru/60-1-ministrselskogohozjajstva.html>

20. Сайт DIALux. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://expertunion.ru/>
21. Солнечный калькулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.timezone.ru/suncalc.php?tid=67>
22. В.М. Пчелин, М.В. Саморуков, Р.Ш.Ариков, Основные направления повышения эффективности тепличных облучательных установок// Теплицы России. –2011. –№2.
23. Универсальная система управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/26539-teplichnaya-evolyutsiya/>
24. Стандартизация светотехнических приборов и установок для теплиц / Г.В. Боос [и др.]//Светотехника. –2017. – №6. –С.69-74
25. УГЛ – Мк-60 для выращивания витграсса и зеленого фуража [Электронный ресурс]. – URL: https://gidrostore.ru/gidroponnye_ustanovki/Ustanovki_Gidroponnye_Mnogoj_arunye/UGL_Mk_60
26. ГОСТ 12.0.002-80. ССБТ. Основные понятия. Термины и определения.
27. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация.
28. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
29. СанПиН 2.2.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
30. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
31. СП 52.1330.2016 Естественное и искусственное освещение.
32. ПУЭ (Правила устройства электроустановок), 2000.
33. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
34. Правила пожарной безопасности ППБ 01-03.