

**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 «Оптехника»  
Отделение материаловедения

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
«Анализ условий управления фотопериодическим освещением в теплицах»
УДК 628.977.9.037:631.544.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Уахи Айзада		

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	Калмыкова Е.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
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
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
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»**

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Полисадова Е.Ф.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Уахи Айзада

Тема работы:

Анализ условий управления фотопериодическим освещением в теплицах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 917/с от 12.02.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018г.
--	--------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- объект исследования: помещение теплицы</li> <li>- техническое оборудование для измерения освещенности</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным</i></p>	<p>1. Аналитический обзор литературы на тему:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормы и правила освещения в теплицах</li> <li>- анализ светотехнического оборудования для освещения теплиц</li> </ul>

<i>источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- условия управления освещением в теплицах для роста и развития растений</li> <li>- растение- как оптическая система</li> </ul> <p>2. Анализ условия управления фотопериодическим освещением в теплицах</p> <p>3. Разработка проекта</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Построение трехмерной модели объекта исследования, расчет освещенности с помощью программного комплекса Dialux.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Калмыкова Екатерина Юрьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Назаренко Ольга Брониславовна</p>
<p>Раздел ВКР на иностранном языке</p>	
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гречкина Татьяна Валерьевна	к.ф. – м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Уахи Айзада		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Уахи Айзада

Школа	ИШНПТ	Отделения	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Оптотехника»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<p>При проведении проекта используется материально-техническая база ООО «Трубачево».</p> <p>Примерная стоимость проекта оценивается в 3,5 млн. рублей</p> <p>В проекте задействованы 2 человека: руководитель проекта, инженер-разработчик</p>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 27,1 % от ФОТ, учитывая понижающую ставку согласно п.3 п.п.16 ст.149 НК РФ

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<p>1. Потенциальные потребители результатов проекта</p> <p>2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<p>1. Планирование работ по проекту (цели и результат проекта, структура и перечень работ, разработка графика проекта)</p> <p>2. Смета проектной работы</p>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка сравнительной эффективности осветительной установки со светодиодными источниками света в сравнении с

	<i>эффективностью осветительной установки с применением газоразрядных ламп</i>
--	--

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений.
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет проекта

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Е.Ю.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Уахи Айзада		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4В41	Уахи Айзада

<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Материаловедения</b>
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>Рабочая зона: учебная аудитория ТПУ корпус 16В, аудитория №248.</i>  <i>Характеристика рабочей зоны:</i>  <i>- Размеры: длина - 8м, ширина - 4м высота 2 м;</i>  <i>- Интерьер: белые потолки, светлые однотонные стены, темный пол;</i>  <i>- Освещение создается люминесцентными лампами;</i>  <i>- Оснащена системой противопожарной безопасности и огнетушителем.</i></p>
---	---

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b>  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:</i>  <i>- Отклонение показателей микроклимата в помещении;</i>  <i>- Повышенный уровень шума на рабочем месте;</i>  <i>- Недостаточная освещенность рабочей зоны;</i>  <i>- Нервно-психические перегрузки.</i>  <i>Опасный фактор рабочего места инженера-проектировщика:</i>  <i>- Электробезопасность;</i>  <i>- Пожаровзрывобезопасность;</i></p>
--	--

<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<i>Во время работы над ВКР негативного воздействия на окружающую среду оказано не было.</i>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Пожар - наиболее типичная чрезвычайная ситуация для учебного корпуса является. Основные мероприятия, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества при пожаре.</i>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<i>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: - Организация моторного поля; - Оптимальное размещение предметов труда и документации; - Подбор мебели для рабочего места для выполнения работ сидя.</i>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Уахи Айзада		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 листов, 39 рисунков, 32 источников, 0 приложения.

**Ключевые слова:** агрофотоника, теплица, освещенность, огурец, светодиодные приборы, освещение.

**Объектом исследования является:** тепличный комплекс ООО «Трубачево», 3D модель внутреннего помещения теплицы (огурец).

**Целью** настоящей работы является анализ условий выращивания огурца в закрытом грунте с учетом предполагаемых сценариев светодиодного освещения и климатических сезонных фотопериодических изменений естественной освещенности.

### **Задачи:**

1. Анализ существующей осветительной установки тепличного комплекса ООО «Трубачево», 3D моделирование теплицы, по выращиванию огурца; анализ экспериментальных и расчетных данных.
2. Анализ климатических сезонных изменений уровня естественной освещенности в ООО «Трубачево» Томская область.
3. Светодиодная досветка, как фактор модификации условий, влияющих на рост и развития растений вертикального роста.

**В процессе исследования проводился:** анализ освещения в ООО «Трубачево», Томская область. Был создан проект осветительной установки со светодиодными светильниками и предложена система освещения с досвечиванием между рядами теплицы.

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

**Область применения:** агропромышленные комплексы по выращиванию огурца в закрытом грунте.

**Экономическая эффективность/значимость работы:** учет параметров при оптимизации световых условий по выращиванию огурца в агропромышленных комплексах, в частности на предприятии ООО «Трубачево» Томская область.

**В будущем планируется:** опубликование полученных данных в рецензируемых изданиях по тематике исследований. Представление материала на конференции и выступление с докладом по теме ВКР в коллективе авторов (Уахи, Бактыбаев, Жидолович, Гречкина, Туранов).

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

В настоящей работе использовались следующие термины с соответствующими определениями:

**Огурец:** Растение южного происхождения, по фотопериодической реакции относится к растениям короткого дня.

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

**«Домик»:** Название фрагмента тепличного комплекса, который включает в себя число СП и количество рядов растений, например: огуречный тепличный комплекс состоит из 60 рядов растений и 30 домиков, 84 светильников.

**Освещённость (Е, лк):** Поверхностная плотность светового потока, падающего на площадку заданной величины.

**Фотосинтетическая облученность; PPFD (мкмоль/с) м<sup>2</sup>:** Отношение фотосинтетического потока фотонов, падающего на малый участок поверхности, к площади этого участка.

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

**DIALux 4.13:** Программный комплекс для планирования и дизайна освещения.

**3D - модель:** Это наглядный способ представления объекта в виде трехмерного графического изображения.

**Светодиод; (СД):** Полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

**Досветка:** Это улучшение освещенности растения и удлинение светового дня, растения нуждаются в световом дне определенной длины (не менее 12

часов), и при сильном уменьшении длины светового дня в холодный период многие из них болеют.

ДНaT – дуговые натриевые трубчатые лампы;

КСС – кривая силы света;

ОУ – осветительные установки;

СП – световой прибор;

ФАР – фотосинтетическая активная радиация;

PPFD – PPFD – photosynthetic photon flux density, фотосинтетическая облученность;

LED – light-emitting diode, светодиод.

## **Оглавление**

<b>Введение</b>	15
<b>Глава 1 Организация освещения и общие сведения о теплицах</b>	17
1.1 Использование искусственного освещения	18
1.2 Нормы и правила ФАР	21
1.3 Выращивание огурца в защищенном грунте	22
<b>Глава 2 Примеры тепличных хозяйств России в северных регионах</b>	26
2.1 Агрокомплекс ООО «Трубачево»	31
2.1 Республика Коми, г. Сыктывкар ОАО «Пригородный»	35
<b>Глава 3 Световые приборы для теплиц</b>	38
3.1 Использование досвечивания	39
<b>Глава 4 Компьютерное проектирование освещения тепличного объекта с помощью программы DIALux (ООО «Трубачево» Томская область)</b>	42
4.1 Анализ экспериментальных данных по измерению уровня освещенности в тепличном комплексе	43
4.2 Трёхмерное моделирование объекта тепличного комплекса с расстановкой осветительного оборудования по параметрам огуречной теплицы ООО «Трубачево»	50
<b>Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение</b>	65
5.1 Потенциальные потребители результатов проекта	65
5.2 Анализ конкурентных технических решений	67
5.3 Планирование проекта	68
5.3.1 Структура работ	69
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	69
5.3.3 Разработка графика проекта	72
5.4 Смета проектной работы	74
5.4.1 Расчет материальных затрат	74

5.4.2 Основная и дополнительная заработная плата	75
5.4.3 Страховые взносы во внебюджетные фонды (отчисление на социальные нужды)	76
5.4.4 Накладные расходы	76
5.4.5 Формирование сметы затрат на реализацию проекта	77
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной и экономической эффективности исследования	77
<b>Глава 6. Социальная ответственность</b>	<b>80</b>
6.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов	81
6.2 Производственная санитария	83
6.2.1 Уровень шума на рабочем месте	83
6.2.2 Показатели микроклимата	83
6.2.3 Электромагнитное излучение	84
6.2.4 Освещенность в помещении	85
6.3 Электрическая безопасность	87
6.4 Экологическая безопасность	89
6.5 Пожарная безопасность	89
6.5.1 Оценка пожарной безопасности помещения	89
6.5.2 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров	90
Заключение	92
Список использованных источников	93

## **Введение**

Современная отрасль тепличного растениеводства в России является одной из самых энергоемких и, одновременно, самых энергоэффективных областей использования искусственного освещения. Благодаря искусственному освещению, применяемому в теплицах, удаётся устранить проблему зависимости количества света, получаемого растениями от местоположения теплицы, удлиняется сезон выращивания растений.

Для благоприятного роста и развития растений требуется определенный набор подходящих внешних факторов. Условия, которые близки к идеальным, можно создавать в тепличных комплексах. При этом, учитывая все возрастающие масштабы тепличного хозяйства, определяющими факторами его развития являются две основные и связанные между собой проблемы: внедрение технологий, уменьшающих потребление электроэнергии; технология повышающая продуктивность производства сельскохозяйственных культур.

В большинстве регионов России развитие интенсивной светокультуры и получение планируемого урожая в закрытом грунте в зимний период практически невозможно без использования искусственных источников освещения. Решение вопросов оптимизации световой среды при выращивании овощных растений (в частности огурца) имеет особое значение для северных территорий, отличающихся своеобразным световым и температурным режимом. Количество падающей суммарной фотосинтетически активной радиации (ФАР) в первой световой зоне почти на порядок меньше по сравнению с южными регионами РФ и составляет в декабре-феврале 110-220 кал/см<sup>2</sup> [1].

Работа направлена на изучение вопросов дополнительного светодиодного освещения в рамках обеспечения роста и развития растений на примере огурцов – как представителей высокорослых растений (растений вертикального роста).

Возможности светодиодного освещения в плане привлечения и внедрения в тепличное хозяйство весьма широки, но на сегодняшний день не до конца

изучены. Возникают вопросы и размышления в области научных исследований по отношению к спектральному составу и реализации конструкций световых приборов, технологическим процессам обслуживания и управления за освещением, нормированию параметров фотосинтетической активной радиации.

С учётом периодизации освещения выделяют два типа освещения теплиц при помощи искусственного света. Первый – дневное, обеспечивающее нужное потребление света для фотосинтетических реакций. Второй – фотопериодическое освещение теплиц ночью, состоящее в организации искусственного освещения растений в малых дозах излучения с целью удлинения их светового дня, что позволяет управлять временем цветения [2].



## Глава 1 Организация освещения и общие сведения о теплицах

Свет — основа роста растений. Естественный дневной свет — это самый дешевый из возможных источников, но в сельском хозяйстве он не всегда доступен в необходимых количествах. Количество дневного света, необходимого для быстрого роста растений, ограничено в зимний период, в особенности в областях, расположенных между 40 и 80 градусами широты — поэтому в этот период в теплицах для повышения уровня производительности и качества продукции повсеместно используется искусственное освещение [3].

До 2020 года предполагается построить около 1500 га новых теплиц, оснащенных самым современным оборудованием и использующих высокоэффективные технологии [4]. Едва ли найдется в отечественной экономике отрасль, кроме тепличного растениеводства, которая на ближайшие 4-5 лет ставила бы перед собой столь «дерзкие» планы развития.

Технология светокультуры растений позволяет даже в самые холодные и темные зимние месяцы заменить импортные тепличные овощи с сомнительным пищевым качеством свежей и богатой витаминами экологически чистой отечественной овощной продукцией. При, практически, круглогодичном выращивании, с использованием искусственного освещения в течение 6-7 месяцев в году, в отечественных теплицах уже достигнут и превзойден уровень урожайности основной тепличной культуры, огурца, — 100 кг/м<sup>2</sup>. Цена, которую за это приходится платить, связана с ростом энергозатрат с (60÷70)·103 кВт·ч на 1 га в традиционных теплицах с кратковременным электрическим освещением только в рассадных отделениях до (40÷70)·105 кВт·ч при светокультуре, то есть энергозатраты на 1 га возрастают примерно в 60÷100 раз [4].

Доля затрат на электроэнергию в себестоимости тепличной продукции может достигать 30÷50%, определяя тем самым особый уровень требований к энергоэффективности используемого в теплицах светотехнического

оборудования. Средняя световая отдача современных тепличных светильников достигает 120÷130 люмен/Вт.

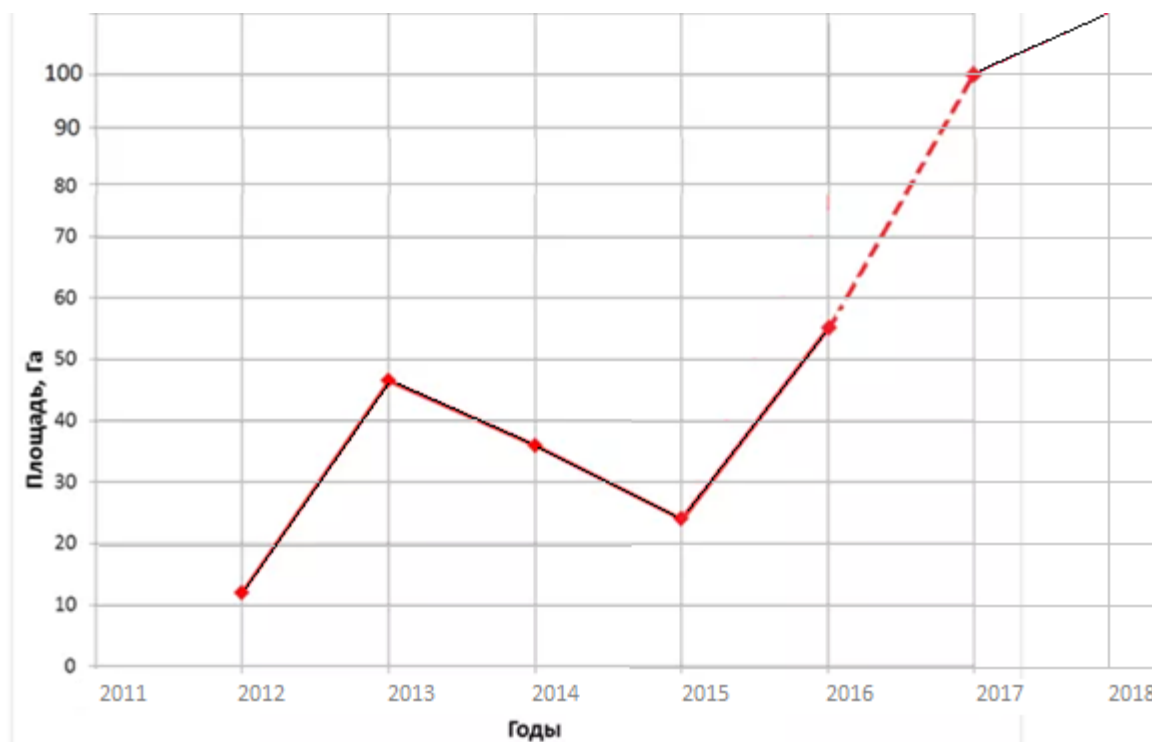


Рисунок 1 – Строительство овощных теплиц со светокультурой [4]

На рисунке 1 показана динамика ввода в России за последние годы новых площадей современных теплиц с технологией светокультуры. По итогам 2015 года площадь теплиц со светокультурой достигла, 360 га [4].

### 1.1 Использование искусственного освещения

Существует несколько способов использования искусственного освещения для ускорения роста и увеличения периода роста коммерческих культур [3]:

– в качестве дополнения к естественному дневному свету, для увеличения уровня ассимиляционного освещения с тем, чтобы повысить интенсивность фотосинтеза и тем самым ускорить рост и повысить качество растений в теплицах (дополнительное ассимиляционное освещение);

– для управления световым периодом путем удлинения естественного светового дня при помощи искусственного освещения (фотопериодическое освещение);

– для полной замены дневного света искусственным освещением, позволяющей добиться максимального контроля за климатом (выращивание без дневного света).

Дополнительное ассимиляционное освещение в теплицах – данная система дополняет естественное освещение в сезоны с низкой освещенностью и, соответственно, позволяет повысить урожайность с каждого квадратного метра и снизить сроки выращивания. На рисунке 2 приведен пример лампы компании Philips, как естественный дневной свет дополняется зимой при помощи ламп MASTER GreenPower. В этом примере ассимиляционного освещения в 105 мкмоль (что составляет 8000 лк) по 20 часов в день с ноября по февраль. В оставшийся световой период часы эксплуатации сокращены.

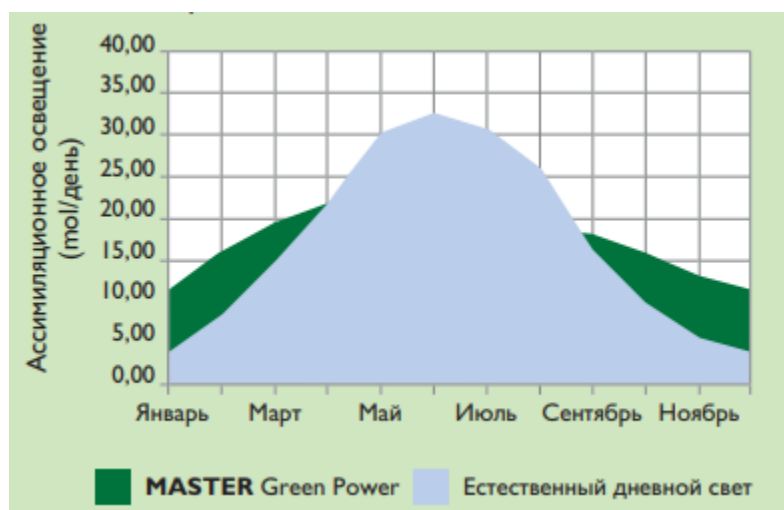


Рисунок 2 – Дополнительное ассимиляционное освещение

Необходимое количество дополнительного ассимиляционного освещения сильно зависит от типа растений, требуемой скорости их роста и присутствия естественного дневного света. По этой причине в компании Philips был разработан справочник для определения того, какое количество дополнительного

ассимиляционного освещения требуется в каждой конкретной ситуации. Справочник, который можно получить в местном отделении Philips, позволяет определить оптимальное количество света, которое требуется для Вашей теплицы, на основании Ваших пожеланий и возможностей. В зависимости от типа растений и требуемой скорости роста в центрально-европейских условиях, предлагаются следующие уровни дополнительного освещения [3]:

1. 15 – 30 мкмоль для улучшения качества, ухода за урожаем и ограниченного повышения продуктивности;

2. 30 – 45 мкмоль для рассады, роста и продуктивности горшечных растений;

3. 40 – 100 мкмоль для круглогодичного роста, например, для хризантем или роз, а также для для многоуровневого выращивания растений;

4. 100 – 200 мкмоль для выращивания растений с высокой требовательностью к освещению (овощеводство, например— томаты и огурцы);

Контроль за освещенностью в теплицах:

1. Спектрофотометры
2. Интегральные фотометры
3. Фотометрические логгеры

Для комплексного и регулярного обеспечения контроля качества и количества освещения требуется аналитические приборы (типа спектрометров), интегральные переносные фотометры (одноканальные типа люксметров и радиометров и многоканальные комбинированные, в том числе с выделенным спектральным диапазоном), а также фотометрические (световые) логгеры с беспроводной связью, которой могут быть дополнены датчиками температуры и влажности [7].

## 1.2 Нормы и правила ФАР

ФАР фотосинтетическая активная радиация: оптическое излучение в диапазоне от 400 до 700 нм, используемое растениями для фотосинтеза, роста и развития. Обычно ФАР измеряют энергетических единицах (Вт) или единицах фотосинтетического потока фотонов (мкмоль/с).

Около 25% ФАР накапливается в виде органического вещества растений. В то же время около 50% накопленного вещества в умеренной зоне используется самими растениями для дыхания и превращается в углекислый газ. Для тропических фитоценозов эта величина достигает до 80%. В ходе развития сельскохозяйственных революций следует учитывать суточное количество естественного фотосинтетического активного излучения (ФАР), проходящего в теплице [5].

Если ежедневное количество ФАР, проходящих в теплице, составляет менее 0,9 минимальных физиологических критериев, рекомендуется обеспечить дополнительное искусственное облучение. Тип и мощность установок искусственного облучения выбираются в зависимости от принятой технологии выращивания овощей и саженцев и климатических характеристик строительной площадки. В рассадных теплицах и в овощных теплицах меньшее суммарное (естественное + искусственное) облучение должно составлять не менее 25 Вт мРД-АПК 1.10.09.01-14 Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и теплиц для выращивания овощей и саженцев ФАР. Ежедневное количество фазированных массивов - не менее 250 Вт / м.

В овощных теплицах облучение должно составлять не менее 70,0 Вт / мРД-АПК 1.10.09.01-14, суточное количество ФАР для овощных культур во время плодоношения период составляет не менее 900 Вт / м, при посадке растений в условиях искусственного облучения, для рассады и саженцев рекомендуется облучать 80 Вт / мРД-АПК 1.10.09.01-14 [6].

ФАР для овощных культур - 80-160 Вт / м.

Искусственное облучение в теплицах определяется проектной задачей с учетом принятой технологии производства и осветительных характеристик площади застройки.

### 1.3 Выращивание огурца в защищенном грунте

Огурец – однолетнее, травянистое растение, тропического происхождения. Известен в культуре более 5000 лет. По данным Федерального агентства по образованию Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), мировое производство огурцов превышает 40 млн. т, что составляет примерно 5% всей овощной продукции. Крупнейшими производителями огурцов являются Китай, Индия, США, ведущими экспортерами – Нидерланды, Испания, Китай, Мексика, США, Франция. Россия занимает третье место в мире по импорту овощей (свыше 7% мирового импорта). Только за последние 10 -15 лет доля импортных огурцов увеличилась в 10 раз. В России огурцы лидируют по занимаемой площади (до 70%) теплиц в осенне-зимнем обороте [9].



Рисунок 3 – Огурец - тепличная культура

Преимуществом данной культуры является:

1. Наиболее урожайная и рентабельная культура;
2. Может выращиваться во всех световых зонах;
3. Скороспелая культура.

Огурец выращивается:

- в зимне-весенней культуре (занимает 70-80% зимних теплиц);
- в весенне-летней культуре (занимает 90% весенних теплиц, выращивается в них после рассады);
- в летне-осенней культуре (выращивается мало - 10-15% всей площади теплиц, т.к. рост и развитие растений осенью проходят в период все ухудшающихся условий освещенности и повышающейся влажности воздуха, что вызывает массовое поражение болезнями и вредителями).

Технология выращивания огурца в первую очередь зависит от того, к какой группе относится сорт. Есть два вида сорта данной культуры, это партенокарпический и пчелоопыляемый.

Технология выращивания партенокарпических гибридов огурца в зимне-весенней культуре [11]:

Предпосевная подготовка семян. Один из эффективных способов - термическое обеззараживание: сначала семена прогревают в термостате в течение 3 суток при + 50 °С, затем в течение 1 суток при + 76...78 °С, что убивает вирусную инфекцию.

Для обеззараживания от грибов и бактерий семена протравливают пестицидами: Бактофит (отеч. препарат на основе бактерий) - против корневых гнилей; предпосевное замачивание семян в 0,2% р-ре в течение 3-6 ч.; Апрон - против пероноспороза, протравливание семян: 3-5 г/кг семян (10 мл воды/кг семян).

Посев семян на рассаду проводят в начале сентября, высадку рассады - в начале октября.

Глубина посева 2-3 см.

Температурный режим: до всходов +27 °С, при появлении всходов +21...23 °С в солнечный день, +19...20 °С в пасмурный день и +18...19 °С ночью.

**Высаживают** рассаду на постоянное место в возрасте 30 дней, после этого рассада начинает сильно вытягиваться и ее качество снижается. Рассада к высадке должна иметь 5-6 листьев, хорошо развитую корневую систему, высоту ~ 25-30 см, сырую массу надземной части 35-40 г. Высаживают рассаду вертикально.

После посадки проводят полив.

Через 2-3 дня после посадки **подвязывают** растения шпагатом к шпалере. Для каждого ряда растений натягивают две шпалеры (с расстоянием между ними 50 см), и растения в ряду поочередно привязывают к правой или к левой шпалере (V-образно). Это нужно для улучшения условий освещенности.

**Температурный режим** после высадки рассады следующий: до начала плодоношения должна быть +22...+24 °С в солнечный день, +20...+22 °С - в пасмурный, +17...+18 °С ночью [11].

В период плодоношения температуру повышают: в солнечный день +24...+26 °С, в пасмурную погоду +21...+22 °С, ночью +18...+20 °С.

При этом понижение температуры грунта ниже +12...+15 °С или полив холодной водой (ниже +15 °С) на ранних фазах роста может вызвать массовое отмирание завязей.

Минимальная норма полива огурца 2-3 л/м<sup>2</sup>.

Периодичность полива огурца в защищенном грунте зависит от условий освещения. При приходе фотосинтетически активной радиации (ФАР) <210 Дж/см<sup>2</sup> в сутки огурец поливают каждые 3 дня, при 840 Дж/см<sup>2</sup> раз в 2-3 дня, при ФАР > 840 Дж/см<sup>2</sup> поливают ежедневно. Почему? Чем больше солнечной энергии



падает на растение, тем сильнее транспирация и фотосинтез и тем больше воды требуется растению. Так, на транспирацию у огурца в солнечный день тратится до 16 г воды на 1000 см<sup>2</sup> листьев в 1 ч, а ночью (когда фотосинтез прекращается) - 1,6 г на 1000 см<sup>2</sup> листьев в 1 ч.

**Уборку урожая** начинают у партенокарпических гибридов через 40-45 дней после посадки рассады [11].

Сбор длинноплодных огурцов проводят 2 раза в неделю, короткоплодных - 3 раза. Съём плодов проводят ранним утром, т.к. собираемые днем плоды нагреваются и хуже хранятся.

## Глава 2 Примеры тепличных хозяйств России северных регионах

В солнечной радиации различают, главным образом, интенсивность, спектральный состав и продолжительность в течение суток. Интенсивность солнечной радиации на земной поверхности зависит от высоты солнцестояния и, следовательно, географической широты, времени года и суток. Влияние также оказывают облачность, прозрачность атмосферы и ряд других факторов. При выращивании растений в теплицах к растениям поступает вполнину меньше лучистой энергии вследствие поглощения и отражения ее стеклом.

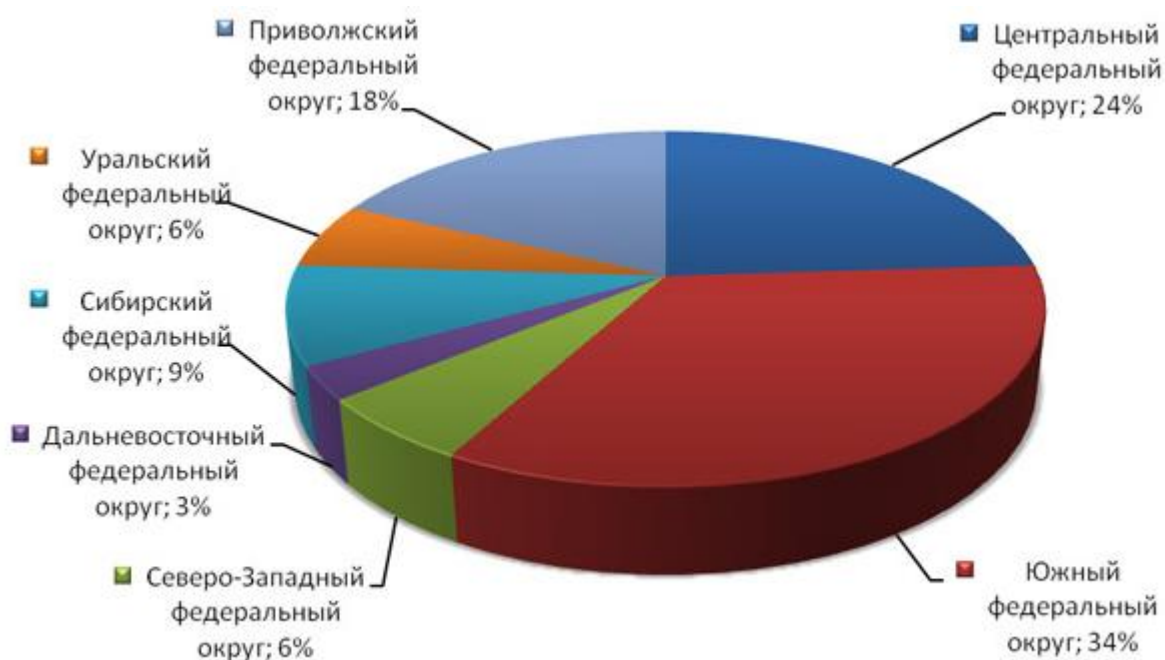


Рисунок 4 – Географическая структура расположения новых проектов промышленных теплиц РФ [28]

Овощные культуры по требовательности к освещению делят на три группы [12]. В группу наиболее требовательных к свету растений входят томаты, огурец, фасоль. При низкой освещенности можно выращивать лук на перо, свеклу на лист, петрушку на зелень. Растения, удовлетворяющиеся средней освещенностью – редис, укроп, шпинат.

В средней полосе России требовательные и удовлетворяющиеся средней освещенностью растения нельзя выращивать в защищенном грунте без досвечивания с октября по январь. Урожайность растений третьей группы в зимние месяцы значительно падает. На Севере, где приход естественной радиации в зимний период в теплицы чрезвычайно низок, даже такие малотребовательные к свету культуры как листовой салат не дают товарной продукции без досвечивания [9].

Значение имеет не только интенсивность освещения, но и продолжительность светлого периода суток. По реакции на фотопериод растения делятся на короткодневные, длиннодневные и нейтральные. Растениям короткого дня переходят к генеративному развитию при продолжительности светлого периода не более 12 и не менее 8 ч в сутки. Такой фотопериод способствует более быстрому наступлению цветения и плодоношения. Растения южного происхождения (огурец, некоторые сорта томатов и фасоли, баклажан, перец) относятся к группе короткодневных. Многие из современных сортов и гибридов огурца, предназначенных для культивирования в теплицах, также хорошо растут и плодоносят на длинном дне. Астрономическая длина дня в пределах России сильно варьирует в зависимости от географической широты, времени года, высоты над уровнем моря. На юге длина дня колеблется от 10 до 14 ч. На Крайнем Севере зимой света практически нет, а летом стоит непрерывный день. Длина светлого периода суток летом в средней полосе достигает 16-17 ч. Зимой она уменьшается до 6-7 ч [9].

На рисунке 5 приведены данные по графику фона естественной освещенности в Томской области, (ясно, малооблачно, облачно, пасмурно) с 15 сентября 2017 по 15 апреля 2018г. над территорией п.Трубачево Томская область.

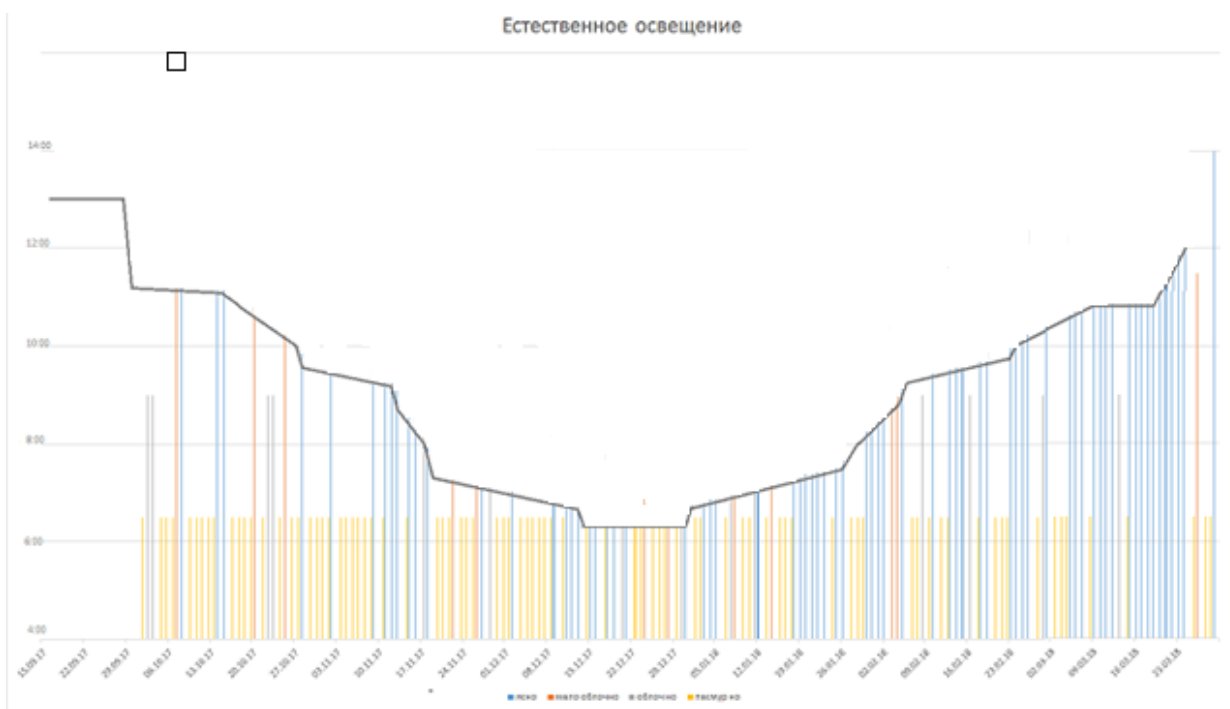


Рисунок 5 – График фона естественной освещенности, данные сформированы по [29,30] в период с 15 сентября 2017 г. по 15 апреля 2018 г. для п.Трубачево, Томская область

Наиболее практическое значение свет приобретает при выращивании рассады и овощей в теплицах зимой. В это время растения испытывают наибольший недостаток света, так как, во – первых, это самое темное время года и, во – вторых, значительная часть светового потока поглощается, проходя через остекленную поверхность теплицы.

По результатам приведенных данных на рисунке 5, можно отметить следующее:

- на начала наблюдений с 15.09.2017г. долгота дня непродолжительное время сохраняется и равна 13 часам, но уже к концу месяца падает до 11 часов.
- затем тенденция уменьшения долготы дня до 13.12.2017 г. продолжается и к этой дате составляет не более 6 часов.

- С 13.12.2017 г. по 30.12.2017г. остается постоянно низкой и составляет 6 часов.
- С 30.12.2017 г. происходит постепенное увеличение светового дня и к 15.03.2018 г. составляет 12 часов.

Кроме того, с середины ноября – до начала февраля – менее 8 часов, при этом в этом же периоде преобладают дни с пасмурным состоянием неба, что сказывается на незначительном фоне естественной освещенности, т.е. обеспечение светового дня возможно только за счет искусственного освещения. Например, работа осветительной установки (ОУ) в ООО «Трубачево» ведется практически постоянно и составляет 20 часов в сутки.

Анализ данных сформирован также по характеру (вкладу естественной освещенности) можно видеть обозначения цветными линиями (синий цвет – ясно, красный цвет – малооблачно, серый – облачно, желтый – пасмурно).

Все виды сооружений, предназначенные для выращивания растений, строят таким образом, чтобы получить максимальный выигрыш от использования солнечной радиации. Количество солнечной радиации является ключевым фактором, который определяет, как и из чего будет построена теплица, оранжерея или любое другое помещение для выращивания, так же от количества солнечной радиации будет зависеть какие культуры и в какие сроки будут посажены и собраны.

Российские ученые провели деление территории страны на зоны по количеству естественного ФАР, которое может проникать в теплицы осенью и зимой. В соответствии с их работой по вычислению общего количества ФАР в декабре и январе все районы были разбиты на 7 световых зон (Рисунок 6) [5].

Солнечная радиация имеет определенную интенсивность, спектральный состав и суточную продолжительность в зависимости от зоны выращивания овощных культур в культивационных сооружениях. Главным образом для хорошего развития и роста растений требуется кратковременное излучение,

которое поглощается пигментами пластид. Это фотосинтетическая активная радиация — ФАР.

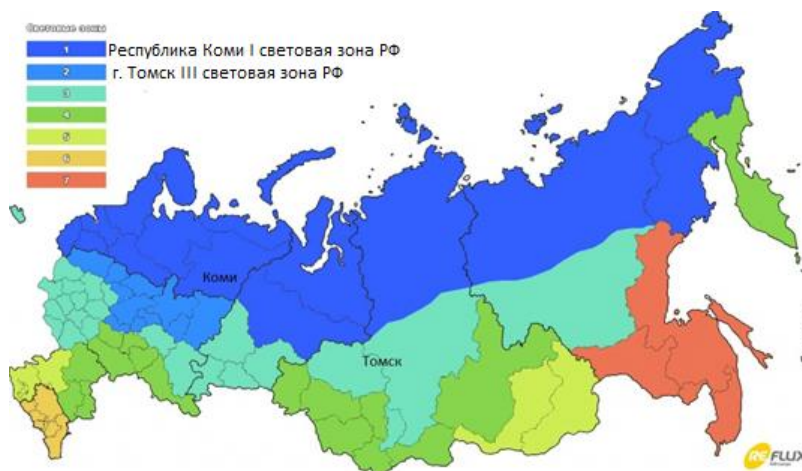


Рисунок 6 – Световые зоны России [5]

Далее рассмотрим два примера агропромышленных комплекса расположенных в северных регионах России (ООО «Трубачево» Томская область и ОАО «Пригородный» Республика Коми) На рисунке 6 показано расположение этих объектов на карте России с указанием световых зон I и III для республики Коми и г. Томска, соответственно.

## 2.1 Агрокомплекс ООО «Трубачево»

Точные географические координаты Томска. Все координаты указаны во всемирной системе координат WGS 84, которая используется в системах спутниковой навигации (GPS) (таблица 1) [10].

Таблица 1 – Географические координаты

Широта Томска	56°30' северной широты	
Долгота Томска	84°57' восточной долготы	
Световая зона	III световая зона	Сумма
		610-970 ФАРкал/см

5 октября 2017 года состоялось экскурсия для студентов и сотрудников НИТПУ на предприятии агрокомплекса ООО «Трубачево», который является современным тепличным комплексом России. Экскурсия была посвящена знакомству с производством предприятия, освещению вопросов выращивания тепличных растений на разных стадиях роста и созревания, в условиях автоматизации процессов климат-контроля.

Предприятие ООО «Трубачево» начало свою деятельность в 2009 году. За это время компания успела зарекомендовать себя на рынке как производитель качественных овощей, таких как огурца и листового салата. Она является одной из крупнейших аграрных компаний Томской области. Стратегической целью [8] является создание лидирующего агрохолдинга, входящего в пятерку крупнейших игроков Сибирской части России.

На (рисунке 8) Представлены теплицы - огурца и томата. И для каждой из теплиц есть свое количество световых приборов.



а)



б)



в)

Рисунок 8 – ООО «Трубачево» – тепличный комплекс (а) по выращиванию огурцов (б) и томатов (в)

В ООО «Трубачево» выращивают сорт партенокарпических огурцов, таких как: «Гармонист», «Кураж», «Этюд», «Серпантин».

Предприятие стремится к развитию цветоводства и овощеводства в регионе. Осваивая новые технологии, они предлагают томичам свежую, качественную и безопасную овощную (огурец, томат и другие) и цветочную продукцию (различные, тюльпаны и другие) [8].



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 27000 м<sup>2</sup>. Отопление производственного комплекса теплицы осуществляется за счет газоснабжения [8]. В настоящее время в агрокомплексе «Трубачево» используются в освещении натриевые лампы с зеркальным отражателем ДНаЗ с мощностью 380В (рисунок 4).



Рисунок 7 – Светильник ЖСП30Тэк-600-013У5 электромагнитный

В таблице 2 представлены данные по огуречной теплице № 4.

Таблица 2 – Сводная таблица данных по теплицам ООО «Трубачево»

	Теплица №4
Светильник	ЖСП64-03 600,3×380В
Количество светильников, шт	2520
Количество светильников в ряду, шт	21
Мощность лампы, кВт	1512
кВт/м <sup>2</sup>	162,7
Площадь теплицы S, м <sup>2</sup>	9291
Высота шпалеры	3,20 м
Кол-во лотков	60шт
Длина лотка	36м
Кол-во домиков в теплице	60 ряд.30дом.

Анализ осветительной установки ООО «Трубачево» показано, что:

1. Общее количество ежедневно работающих светильников составляет 10602 штук осветительных установок (ОУ). Что касается общей потребляемой мощности за единицу времени, данная величина равна 6844 кВт/ч;
2. Периодичность замены ламп в осветительных установках (ОУ) зависит от нескольких показателей. Не учитывая полной потери работоспособности, которая происходит из ряда различных причин. Одной из основных причин – это потеря освещенности, показатель которого равен 5% ежегодно, срок службы одной лампы в ОУ составляет 2-3 года.

## **2.1 Республика Коми, г. Сыктывкар ОАО «Пригородный»**

Географическое положение Республики Коми в относительно высоких широтах, ее Удаленность от теплого Атлантического океана и близость к обширному азиатскому континенту определяют умеренно-континентальный климат Республики, существенно отличающийся от климата остальной Европы. Протяженность Республики с юга на север и с запада на Восток, а также разнообразия физико-географических условий создать существенную разницу в климате отдельных регионов [31].

Климат Республики Коми суровый: лето короткое и прохладное, а в северных районах холодное, зима Снежная, продолжительная и морозная. В течение года выпадает значительное количество осадков, превышающих испарение.

Зима в Республике холодная и является самым продолжительным периодом.

Холодный период года на северо-востоке Республики длится 230-250 дней, на юге 170-180 дней. По мере продвижения на северо-восток увеличивается не только холодный период, но и его тяжесть. В самый холодный месяц года (январь), средняя месячная температура воздуха на юге Республики составляет около -15 , а на северо-востоке -21, -22°. В отдельные дни во время нашествия Арктического воздуха температура может снизиться до -55 на севере и в центральной части, а на юге Республики до -45 [31].

Все координаты указаны во всемирной системе координат WG84. Эта система используется в спутниковой системе глобального позиционирования и навигации GPS.

Координаты (широта и долгота) определяют положение точки на поверхности Земли. Координаты являются угловыми величинами. Каноническая форма представления координат – градусы (°), минуты ('). В системах GPS

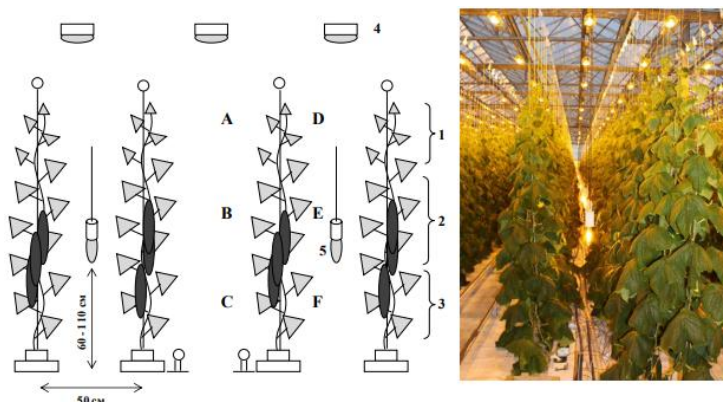
широко используется представление координат в градусах и десятичных минутах либо десятичных градусах (Таблица 3) [10].

Таблица 3 – Географические координаты

Широта Сыктывкар	61°41' северной широты	
Долгота Сыктывкар	50°51' восточной долготы	
Световая зона	I световая зона	Сумма
		110-220 ФАРкал/см

АО «Пригородный» специализируется на производстве тепличных овощей, занимающих 81% в коммерческих продуктах. Растительные продукты выросли до 16 наименований. Площадь теплиц составляет 12,3 га, в том числе 5 га тепличных залов серии 810-024, 6 га 810-095 и 1,3 га блока парникового производства «Агрисовгаз» с пролетом 9,6 м [9].

В последние годы замечаются тенденция к росту площади под цветочесультурным огурцом [9]. Выбор связали со многими факторами: неизменность получаемого продукта, высокая производительность, хорошая экономическая результативность и меньшая соперничество со стороны импортируемой продукции. Благодаря введению переданного огурца они могут производить овощи круглый год.



1,2,3 – ярусы листьев; 4 – Основные верхние лампы;

5 – дополнительные лампы в междурядьях

Рисунок 9 – Выращивание огурцов в АО «Пригородный»

Светильники в теплицах являются мощным источником инфракрасного излучения. При их близком расположении возможно нарушение функционирования листьев из-за нагрева. Поэтому во всех опытах, и особенно в серии опытов с размещением ламп в междурядьях, с помощью 52 датчиков 1404-104 (Li-Cor, США) регистрировали температуру поверхности листьев.

Светокультура огурца был начат с 2001 года. Первоначальная площадь составила 750 м<sup>2</sup>, а в 2004 году их было доведено до 6400м<sup>2</sup>. Передача культивирования организована в тепличном производстве высотной решетки «Агрисовгаз» 3,2 м, оснащена климатическим компьютером SERCOM, который эффективно учитывает изменения внешней среды, регулируя температуру, влажность, параметры в теплице.

### **Глава 3 Анализ световых приборов для теплиц**

Требования к лампам и светильникам в России изменены, соответствующее постановление Правительства вступило в силу 24 ноября 2017 года. Согласно документу [32], через несколько лет в стране окажутся под запретом сразу несколько видов световых приборов. Постановление прежде всего накладывает поэтапное ограничение на неэффективные и неэкологичные ртутные лампы: дуговые, компактные люминесцентные, индукционные, а также люминесцентные лампы с устаревшим люминофором на основе галофосфата кальция. «Предусматривается, что применение новых требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения, будет осуществляться в два этапа (первый этап – с 1 июля 2018 года по 31 декабря 2019 года, второй этап – с 1 января 2020 года)» [13]. На первом этапе все лампы и светильники общего назначения, в том числе используемые для освещения улиц, должны быть приведены в соответствие с новыми требованиями. На втором этапе будет запрещено использование натриевых, металлогалогенных и других ламп в общественных и производственных помещениях [13].

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 [14]:

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

Сегодня линейка светодиодной продукции стала полноценным семейством, включающим разнообразные решения.

Компания Philips производит натриевые, светодиодные лампы и драйверы. Это позволяет разрабатывать наиболее эффективные и надежные системы освещения, иногда совмещающие различные технологии, для любых применений [14].

### **3.1 Использование досвечивания**

Досветка растений в теплице нужна для следующих целей:

1. Дополнения к естественному дневному свету, то есть для создания необходимой интенсивности светового потока для протекания фотохимических процессов в растении, обеспечивающих рост и развитие растения, и, в конечном итоге, его продуктивность. Таким образом, недостаток солнечного излучения – компенсирует искусственная досветка;

2. Управления эффективностью фотосинтеза растения для ускорения роста и повышения качества продукции путем управления интенсивностью и спектральным составом источника излучения; активизации защитных механизмов устойчивости растения к некоторым вредителям;

3. Регулирования стадий жизненного цикла растений облучением различного спектра и продолжительностью воздействия освещения (фотопериодизм, всхожесть, цветение, образование генеративных органов);

4. Выращивания без дневного света, что позволяет добиться максимального климатического контроля.

При выращивании рассады 65% успеха напрямую зависят от ее правильного освещения. Ни для кого не секрет, что при плохой освещенности она вытягивается в поисках света, изгибается по направлению к его источникам и вообще отстает в развитии.

Как правило, проблемы недостатка света решаются с помощью организации искусственного освещения. Но надо помнить – не все лампы одинаково способны удовлетворить потребности растений, и свет, приятный для

человека, далеко не всегда устраивает вашу рассаду. Не следует применять для досвечивания обычные лампы накаливания, имеющие вольфрамовую нить. Инфракрасные лучи, преобладающие в их спектре, больше предназначены для нагревания и способствуют скорее вытягиванию сеянцев, чем укреплению. КПД их настолько низкий, что в свет преобразуется лишь около пяти процентов затраченной энергии. Галогенные лампы имеют более высокий КПД, но они тоже малопригодны для рассады.

Для досвечивания наилучшим образом, как по спектру, так и по КПД, подойдут газоразрядные лампы. Это могут быть и просто люминесцентные – марок ЛБ или ЛД, и энергосберегающие лампы. Последние считаются более удобными, так как спектрально не отличаются от люминесцентных, но не требуют наличия специального пускорегулирующего устройства. Не исключено, что вместо энергосберегающих ламп вскоре будут использовать светодиодные. Тепла они практически не выделяют, но обладают гораздо большей надежностью и экономичностью.



Рисунок 10 – Вид досветки в теплице

Светодиодный исследовательский модуль Philips GreenPower, специально разработанный для проведения исследований со светом [14]. Это позволяет использовать свет в качестве инструмента для управления установкой роста и развития растений.



Диммироваание модуля позволяет точно установить уровень света, который нужен. Он доступен в белом, красном и синем цвете. Красный и синий самые важные цвета для роста сельскохозяйственных культур, в то время как красно-красные едва заметный для человеческого глаза, влияет на разработку конкретных характеристик завода. Модулей в этих цветах можно применять в оптимальный световой рецепт на каждом этапе роста урожая.

## **Глава 4 Компьютерное проектирование освещения тепличного объекта с помощью программы DIALux 4.13 (ООО «Трубачево» Томская область)**

Моделирование и расчёт проектной части ВКР было выполнено с помощью программного комплекса DIALux 4.13 [15]. DIALux – одна из наиболее функциональных компьютерных программ для выполнения светотехнических расчётов и проектирования внутреннего и наружного освещения, в том числе объектов с прозрачными поверхностями, например таких как теплица.

Создание 3D модели объекта (в частности, теплица/тепличный комплекс) является одной из главных частей настоящей работы. В разработку проектной части также входило:

- наполнение объекта – формирование позиций рядов растений в теплице, как в Домике, так и целом объёме помещения тепличного комплекса;
- обработка поверхностей для визуализации растений по позициям рядов в теплице;
- расстановка расчётных поверхностей, в данном случае вертикальных – для получения расчётных данных и сравнительного анализа с полученными экспериментальными данными;
- подбор и расстановка светового оборудования;
- формирование сцен освещения: расчет и анализ расчётных данных;
- сравнительный анализ расчётных и экспериментальных данных для Домика и тепличного комплекса в целом с интерпретацией полученных результатов.

#### 4.1 Анализ экспериментальных данных по измерению уровня освещенности в тепличном комплексе

Настоящая работа была разделана на периоды проведения разных видов работ, (смотреть таблицу 4).

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

Таблица 4 – Краткое содержание работы по производственной деятельности

Даты наблюдений и эксперимента	Вид работ	Приборы для наблюдений и эксперимента	Участники
05.10.2017г.	Обзорная экскурсия на предприятия ООО "Трубачево" <a href="http://hr.tpu.ru/about-hr/novosti-hr-sluzhbyi/ekskursiya-uchastnikov-kadrovogo-rezerva-tpu-na-predpriyatiya-ooo-trubachevo.html">http://hr.tpu.ru/about-hr/novosti-hr-sluzhbyi/ekskursiya-uchastnikov-kadrovogo-rezerva-tpu-na-predpriyatiya-ooo-trubachevo.html</a>	личное присутствие, участие в беседе и обсуждении вопросов, фотоаппарат	Ст. гр. 4В41 Уахи Айзада
05.02.18- 09.02.18	Измерение освещенности в огуречном домике, на разных уровнях роста и развития растений ( $h_1=1\text{м}$ , $h_2=2\text{м}$ , $h_3=3\text{м}$ )	Люксметр «ТКА – Люкс»	Ст. гр. 4ВМ6А Бактыбаев Азамат
26.02.18- 02.03.18	Измерение PPFД в одном огуречном домике (фотосинтетический фотонный поток)	Спектрофотометр «ТКА –Спектр ФАР»	Ст. гр. 4ВМ6А Бактыбаев Азамат
апрель, май, июнь 2018	Компьютерное трёхмерное моделирование условий освещения огурца в закрытом грунте, расчёт и анализ полученных результатов	DIALux 4.13	Ст. гр. 4В41 Уахи Айзада

Для анализа и представления расчетных данных освещения тепличного комплекса ООО «Трубачево» были использованы различные материалы:

фотографии помещения ( см. рис. 8), сводная таблица данных по теплицам ( см. таб. 2), технический план помещения всего тепличного комплекса, а также одного из фрагментов Домика ( см. рис. 11).

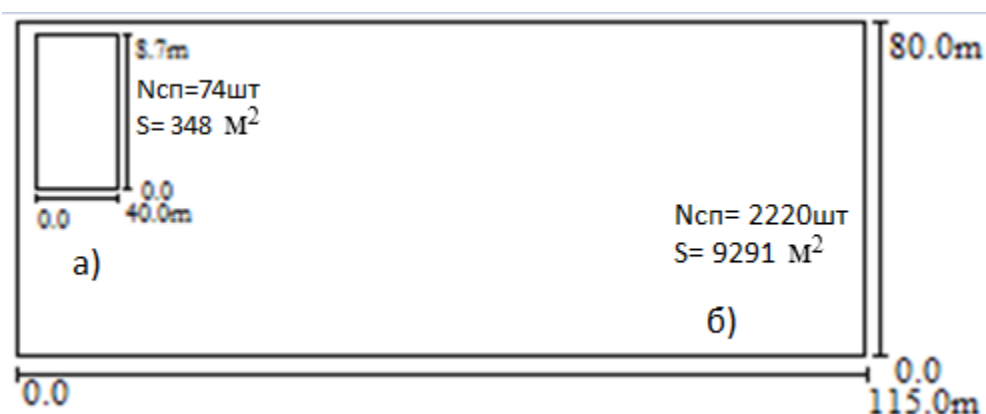


Рисунок 11 – Технический план помещения Домика (а) и теплицы (б)

Для проектирования осветительной установки (ОУ) были использованы светотехнические ies – файлы [16], в которых указаны параметры световых приборов (СП), которые идентичны с исходными СП находящимися в ООО «Трубачево» GALAD ЖСП где, Ж – натриевая лампа типа ДНаТ; С – подвесная; П – для производственных зданий (рисунок 12).

Количество СП в одном из фрагментов огуречного Домика 74 шт.

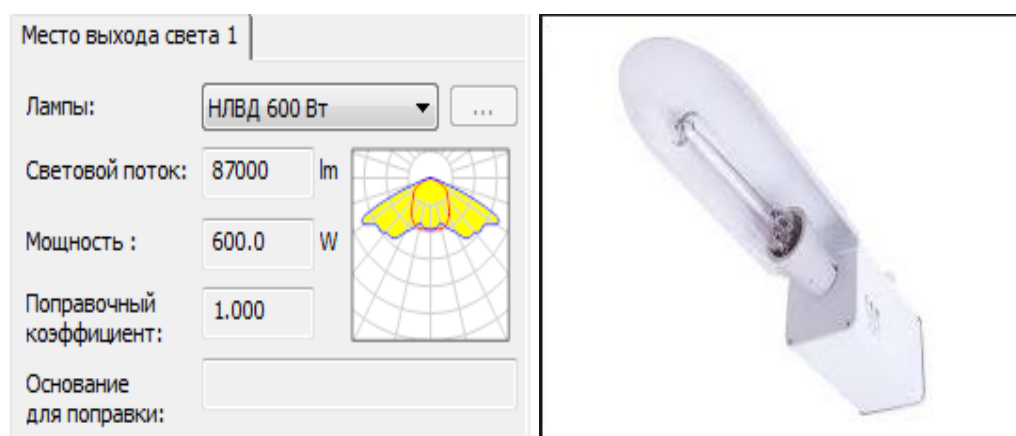
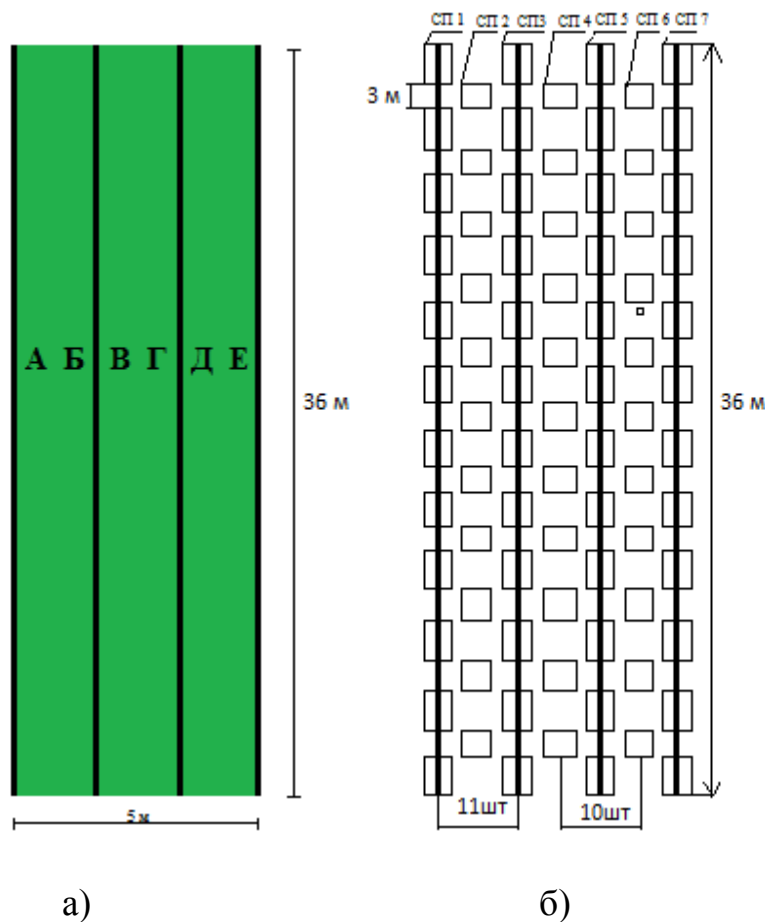


Рисунок 12 – GALAD ЖСП 38 – 600 -138

Уровень освещенности (клк) был промерен на трех высотах ( $h_1 = 1\text{ м}$ ,  $h_2 = 2\text{ м}$ ,  $h_3 = 3\text{ м}$ ). На рисунке 3 представлен один из Домиков огуречной теплицы, где А, Б, В, Г, Д, Е – стороны каждого из рядов.



а) – Габаритные размеры огуречного Домика;

б) – Количество световых приборов (СП) в Домике, где СП 1, СП 2, СП 3, СП 4, СП 5, СП 6, СП 7 – ряды световых приборов с 1-го по 7-ой.

А-Е – стороны наблюдений/эксперимента

Рисунок 13 – Огуречный Домик теплицы, где А, Б, В, Г, Д, Е – стороны каждого из рядов растений огурца (вид сверху)

Представлены экспериментальные данные по трем уровням освещения в тепличном Домике (см. таб. 5).

Таблица 5 – Освещенность в тепличном Домике огурца (по данным Бактыбаева А.А.)

	Сторона А			Сторона Б			Сторона В			Сторона Г			Сторона Д			Сторона Е		
	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м	h <sub>1</sub> =1м	h <sub>2</sub> =2м	h <sub>3</sub> =3м
1	2,56	2,89	6,51	3,81	3,94	6,18	2,81	2,65	7,94	2,82	3,70	8,26	3,0	3,37	7,43	3,0	3,67	7,84
2	2,04	2,05	6,67	1,4	2,3	9,59	1,34	1,88	9,88	1,15	2,45	9,92	1,65	2,03	10,74	1,13	1,7	10,28
3	2,17	2,58	8,34	1,16	1,68	11,6	1,17	2,0	10,13	1,06	3,0	11,29	1,01	1,73	12,12	1,32	2,53	11,39
4	1,64	2,78	11,17	1,83	2,0	10,81	1,3	1,36	10,91	0,93	3,13	12,94	1,3	2,61	14,10	1,06	2,72	10,79
5	2,18	2,72	11,22	1,2	2,11	11,15	1,42	1,4	10,02	0,92	2,53	11,12	0,96	2,25	13,85	0,76	2,21	11,63
6	2,33	2,6	10,89	2,12	1,51	11,13	1,2	1,97	12,12	1,28	3,23	9,47	1,26	4,0	13,94	1,08	1,66	11,38
7	1,92	2,54	11,91	1,12	2,36	10,12	1,38	1,19	11,47	0,76	2,78	11,82	1,5	2,22	11,06	1,62	2,26	10,04
8	2,7	2,76	10,24	1,98	2,55	11,03	1,41	1,51	12,5	0,65	2,41	9,98	1,67	2,71	11,91	1,17	4,84	10,32
9	2,24	2,32	9,55	1,1	1,34	10,97	1,58	2,32	12,78	0,6	2,37	8,29	1,12	1,95	11,47	1,08	1,66	11,38
10	2	2,55	10,6	1,28	1,56	10,32	1,3	2,79	13,99	0,87	3,06	11,75	1,18	2,94	12,42	1,28	3,43	10,37
11	2,9	1,74	7,71	1,3	1,4	10	1,02	2,42	11,86	1,0	2,65	11,76	1,29	3,0	10,55	0,86	3,17	11,0
12	2,27	2,84	10,76	1,52	2,57	9,1	1,41	2,36	11,77	0,52	2,74	9,88	1,59	3,23	12,95	1,17	3,2	9,77
13	2,16	1,94	9,91	1,1	1,38	8,78	1,3	2,06	12,75	0,87	2,93	9,53	1,28	2,0	12,01	0,65	2,67	10,96
14	1,15	2,21	10,18	1,13	1,6	9,58	1,3	1,98	13,3	0,49	1,84	10,12	0,98	2,32	11,51	0,93	2,25	12,02
15	1,64	2,64	10,47	1,22	1,63	11,85	1,7	2,3	11,38	0,48	1,42	8,53	0,82	2,23	10,63	0,82	2,23	11,17
16	1,5	1,66	10,94	1,35	1,22	11,36	1,6	2,0	11,94	0,6	1,27	10,02	0,79	2,11	11,81	0,71	2,0	11,11
17	2,3	1,65	9,82	1,0	1,98	11,63	1,47	2,24	11,64	0,53	2,15	11,33	1,01	2,75	11,4	0,49	2,53	10,93
18	2,15	2	11,17	1,2	1,97	10,15	1,17	1,76	12,51	0,58	2,25	9,61	1,15	2,2	12,17	0,46	2,30	12,11
19	2,03	2,61	9,52	1,0	1,76	8,48	1,26	1,81	11,77	0,53	2,81	8,73	1,05	1,97	11,15	0,92	2,03	12,45
20	1,95	1,94	9,70	1,13	2,0	6,84	1,2	1,79	11,76	0,88	2,37	9,02	1,21	1,74	12,05	0,88	1,81	10,35
21	1,77	2,0	9,99	0,78	1,32	6,2	1,61	1,89	10,52	0,71	2,15	8,41	0,95	1,5	10,3	0,56	2,01	11,89
22	2,76	2,19	10,45	1,06	1,22	6,18	1,42	1,71	11,53	0,58	2,29	6,92	0,66	1,51	11,27	0,50	1,82	11,20
23	1,79	1,89	10,21	0,94	1,54	6,27	1,55	2,02	11,6	0,92	2,44	7,57	0,83	1,78	11,09	0,85	2,31	8,73
24	1,76	2,33	7,74	2,0	2,89	6,34	1,83	3,36	10,91	2,13	4,34	7,66	1,63	2,23	8,68	2,05	4,25	8,70

менее 2 клк
  от 2-4 клк
  выше 7 клк

По результату анализа экспериментальных данных, самый низкий уровень освещенности находится на нижних рядах  $h_1=1\text{м}$ , но, наиболее низкий уровень освещенности находится в середине Домика.

Исходя из значений таблицы 5 построили контурные диаграммы для каждого из рядов огуречного Домика, чтобы наглядно посмотреть освещенность на трех уровнях ( $h_1=1\text{м}$ ,  $h_2=2\text{м}$ ,  $h_3=3\text{м}$ ) (см. рис.14, 15).

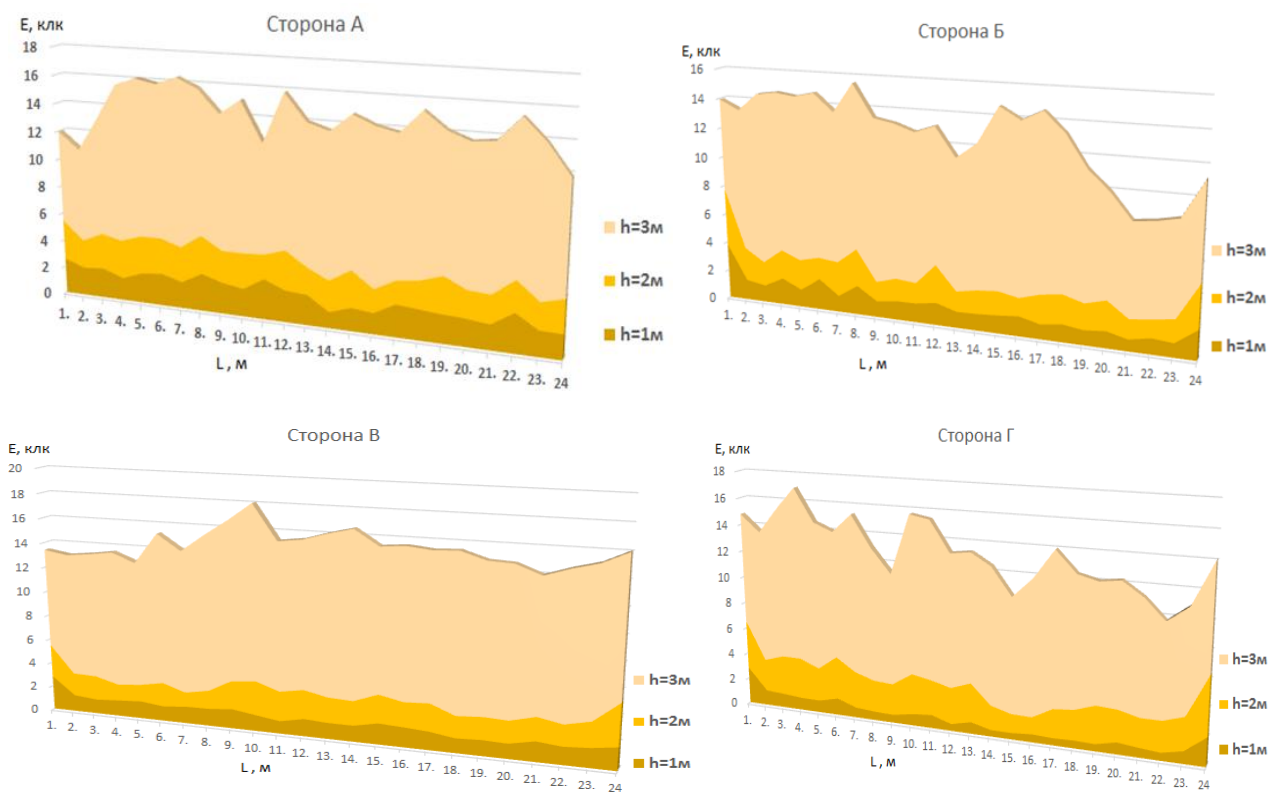


Рисунок 14 – Диаграмма распределения освещенности, по сторонам измерения в одном огуречном Домике ( $h_1=1\text{м}$ ,  $h_2=2\text{м}$ ,  $h_3=3$ ) (Сторона А, Б, В, Г)

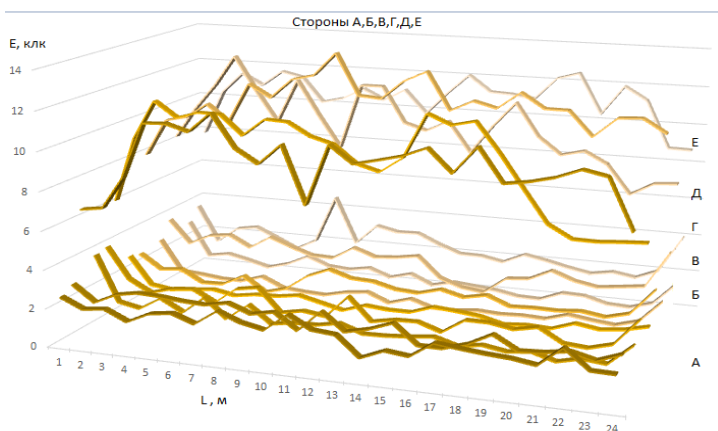


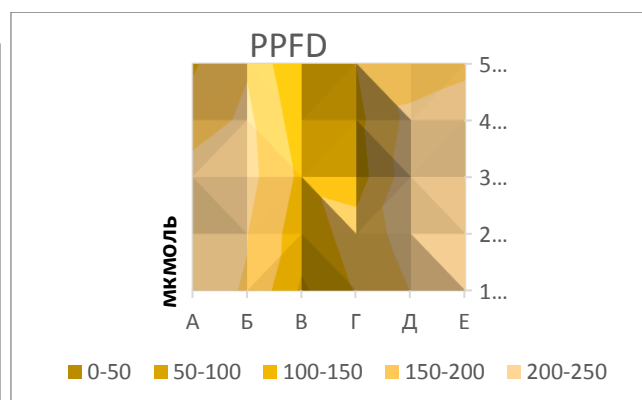
Рисунок 15 – Сводная диаграмма всех сторон рядов огуречного Домика

Также были проведены исследования фотосинтетически активной радиации (ФАР). ФАР измеряется в  $\mu\text{моль} \cdot \text{с}^{-1}$ , а плотность фотосинтетического фотонного потока (PPFD), измеряемая в  $\mu\text{моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Так как значение освещенности быстрее мерить, поэтому брали 24 точки. а значение PPFD, необходимо каждую точку, минут 2-3 ждать пока прибор сообразит. Поэтому взято 5 точек, условно разделив ряд огуречного Домика на 5 частей.

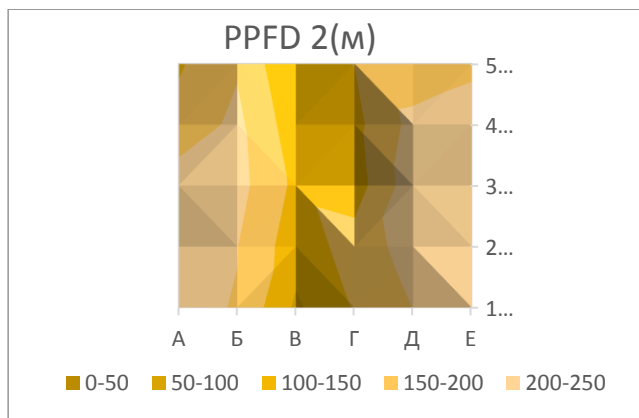
Таблица 6 – Значения плотности фотосинтетического фотонного потока (PPFD) на высоте 1,2,3 м ( $h_1, h_2, h_3$  м)

h1	Контрольные точки	А	Б	В	Г	Д	Е
1	1	74	121,7	67,8	57,6	116,4	86,9
2	2	94	133,9	39,5	6,9	102,8	139,1
3	3	96,8	150,1	20	6,6	101,3	128
4	4	109,8	139,1	23,2	24,7	130,7	147,3
5	5	123,6	106,9	45,2	93,4	104,8	107,1





h <sub>2</sub>						
Контрольные точки	А	Б	В	Г	Д	Е
	1.	210,9	197,8	91,7	153,6	201,1
2.	200,1	201,3	121,4	171,6	222	204,1
3.	228,1	217,4	138,6	125,6	231,3	204,4
4.	166,8	212,4	120	135,8	216,4	233,2
5.	144,1	194	99,7	151	162,2	185,7



h <sub>3</sub>						
Контрольные точки	А	Б	В	Г	Д	Е
	1.	237,3	226,4	219,1	240,1	223,4
2.	264,5	245	222,6	210,6	298,7	218,4
3.	288,5	245,5	317,8	202,9	222,5	227,7
4.	254,2	255,1	238	220,4	248,9	218,4
5.	221,8	242,2	215,7	183,9	181,8	222,9

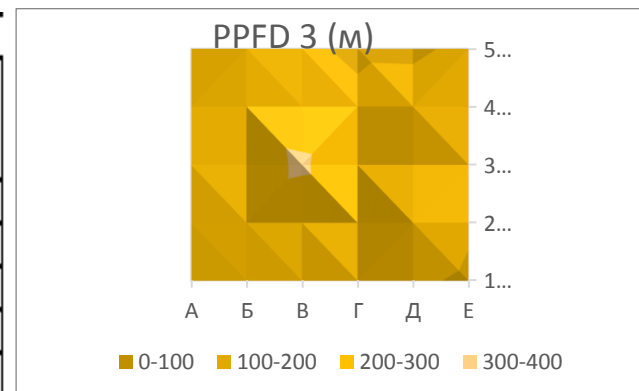


Рисунок 16 – Диаграмма распределения значений плотности фотосинтетического фотонного потока, в среднем домике на высоте (а)  $h_1=1\text{м}$ , (б)  $h_2=2\text{м}$ , (в)  $h_3=3\text{м}$

Из значений PPFD, которые показаны в таблице 6 видно, в рядах В и Г количество PPFD низка. Это связано с очень тесным расположением рядов огурца.

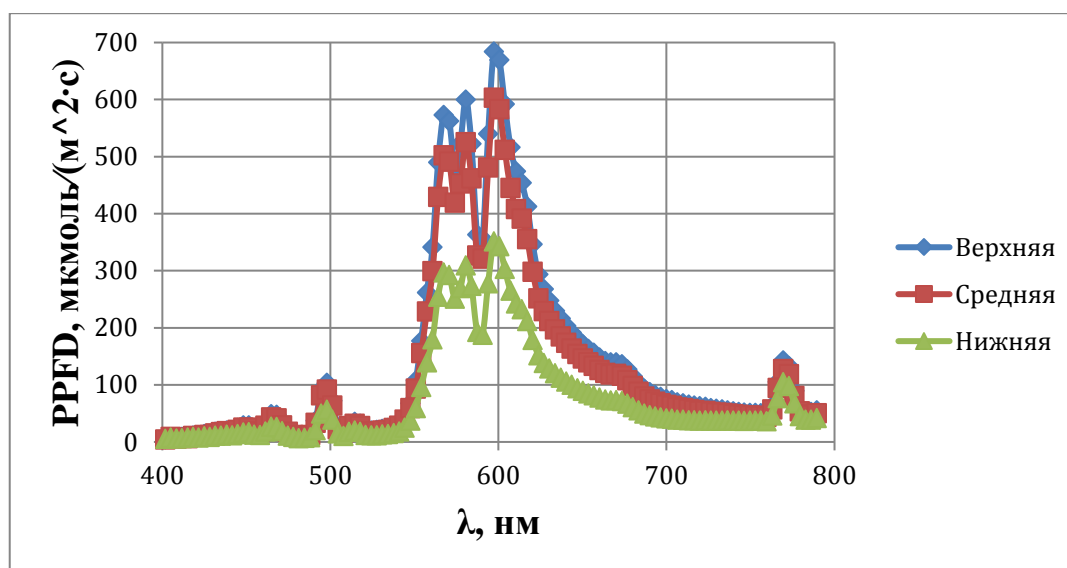


Рисунок 17 – Зависимость плотности фотосинтетического фотонного потока от длины волны на трех высотах (теплица огурца)

Исходя из полученных данных, наибольшее количество PPFD достается верхним листьям вертикального стебля огурца. Хотя в фотосинтезе учувствуют листья по всей длине стебля.

#### 4.2 Трёхмерное моделирование объекта тепличного комплекса с расстановкой осветительного оборудования по параметрам огуречной теплицы ООО «Трубачево»

В настоящем разделе большая часть результатов расчетов и моделирования представлена для фрагмента огуречной теплицы по параметрам Домика, реализованного на площади  $S=348\text{ м}^2$  с количеством световых приборов равное 74 шт.

Общая тенденция измерения освещенности по сторонам А – Е (см. данные исследований по таблице 5, а также построенные диаграммы по сторонам А-Е на рис.14,15) выглядит следующим образом:

- на высоте  $h_1=1\text{ м}$  (нижний уровень) равен 2000 лк;
- на высоте  $h_2=2\text{ м}$  (средний уровень) равен 3000 лк;

– на высоте  $h_3=3$  м (высокий уровень) равен 11000 лк.

Расчетные данные несколько выше, чем экспериментальные для среднего ( $h_2=2$ м) и верхнего ( $h_3=3$ м) уровней. Это связано с тем, что моделируемая система сформирована без учета потерь на объекте (растение огурец), в частности, система не учитывает коэффициенты поглощения и отражения растений.

Чтобы посмотреть результаты на каждой стороне рядов огуречной теплицы (в соответствии с расположением рядов растений и световых приборов, см. рис.13) на разных уровнях освещения, применили определенный набор светильников, которые объединены для решения конкретной задачи по организации освещения, т.е. реализация возможности ручного или автоматизированного управления. Применили соответствующие сцены освещения, как показано на рисунке 18.

Затем для каждой из сторон А – Е были зафиксированы расчетные данные для сцен освещения, где участвуют от одного до семи рядов светильников в Домике.

На примере, для стороны А на рисунках 19 – 23 представлены результаты расчета на вертикальной плоскости, для определения значений освещенности на каждой из высот  $h_1=1$ м,  $h_2=2$ м,  $h_3=3$ м.



а)



б)



в)



г)

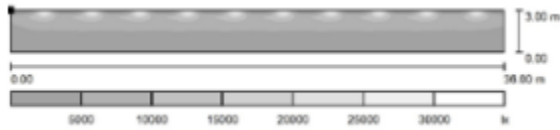


д)

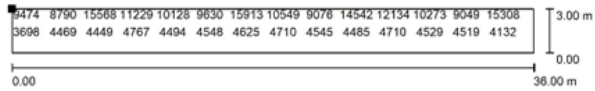
- а) – 1,2,3 ряд СП;
- б) – 1,2,3,4 ряд СП;
- в) – 1,2,3,4,5 ряд СП;
- г) – 1,2,3,4,5,6 ряд СП;
- д) – 1,2,3,4,5,6,7 ряд СП.

Рисунок 18 –Сцены освещения, смоделированные по количеству включенных рядов световых приборов в Домике

## Сторона А



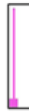
Помещение 1 / Сцена освещения 1 2 3 / Расчетные поверхности А / График значений (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5753

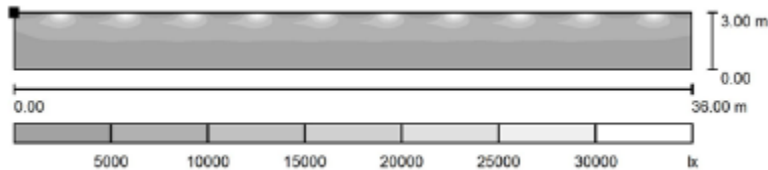
$E_{min}$  [lx]  
951

$E_{max}$  [lx]  
36727

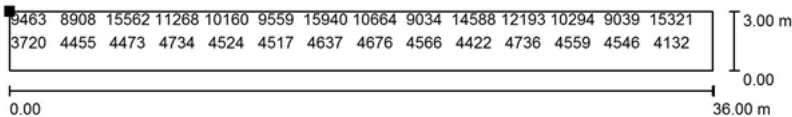
$E_{min} / E_{cp}$   
0.165

$E_{min} / E_{max}$   
0.026

Рисунок 19 – Градации серого стороны А,  
при включении рядов СП 1, СП 2, СП 3



Помещение 1 / Сцена освещения 1 2 3 4 / Расчетные поверхности А / График значений (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5794

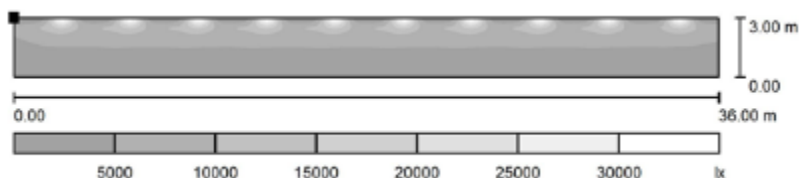
$E_{min}$  [lx]  
1000

$E_{max}$  [lx]  
36783

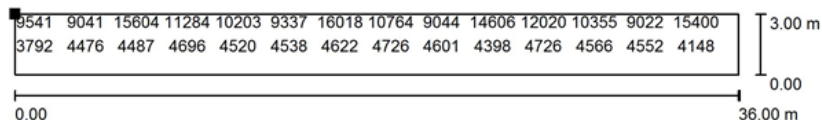
$E_{min} / E_{cp}$   
0.173

$E_{min} / E_{max}$   
0.027

Рисунок 20 – Градации серого стороны А,  
при включении рядов СП 1, СП 2, СП 3 СП4



**Помещение 1 / Сцена освещения 1 2 3 4 5 / Расчетные поверхности А / График значений (Е, вертикальн.)**



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 м, 1.991 м, 3.812 м)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5818

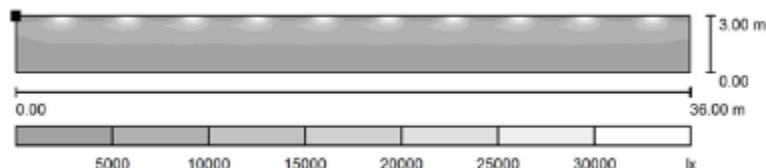
$E_{min}$  [lx]  
1077

$E_{max}$  [lx]  
36833

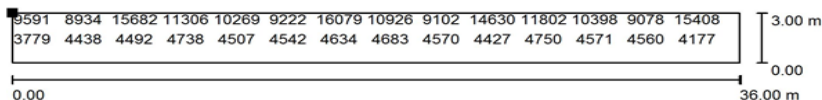
$E_{min} / E_{cp}$   
0.185

$E_{min} / E_{max}$   
0.029

**Рисунок 21 – Градации серого стороны А,  
при включении рядов СП 1, СП 2, СП 3 СП 4 СП5**



**Помещение 1 / Сцена освещения 1 2 3 4 5 6 / Расчетные поверхности А / График значений (Е, вертикальн.)**



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 м, 1.991 м, 3.812 м)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5833

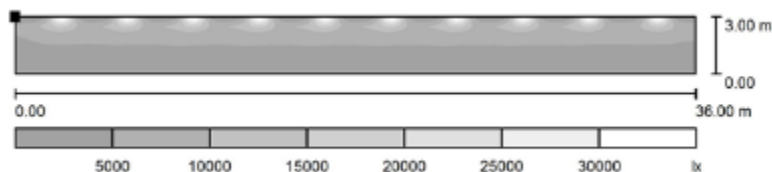
$E_{min}$  [lx]  
1100

$E_{max}$  [lx]  
36910

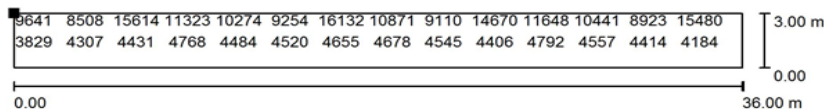
$E_{min} / E_{cp}$   
0.189

$E_{min} / E_{max}$   
0.030

**Рисунок 22 – Градации серого стороны А,  
при включении рядов СП 1, СП 2, СП 3 СП4 СП5 СП6**



**Помещение 1 / Сцена освещения 1-7 / Расчетные поверхности А / График значений (Е, вертикальн.)**



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$	$E_{min} / E_{max}$
5840	1171	36971	0.200	0.032

**Рисунок 23– Градации серого стороны А,  
при включении всех рядов световых приборов в Домике**

В таблице 7 представлены расчётные данные полученные по сторонам от А до Е, по аналогии демонстрации результатов расчёта показанных для стороны А на рис.19-23. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что общий характер освещенности для огурца (растения вертикального роста) по любой из сторон не зависит от вклада рядов светильников больше, чем три. Каждый последующий ряд светильников (4,5,6,7) не влияет на освещенность нижних уровней ценоза огурца, все определяется ближайшими к стороне тремя рядами световых приборов, данный анализ подтверждается также сделанной в настоящей работе совокупностью результатов расчёта, выполненных для сторон А, В, Б, Г показанных на рис.25-28. Стороны А и В сравнимы по расположению, также как Сторона Б и Г.

При увеличении световых приборов в рядах светильников, увеличение роста освещенности  $E_{cp \ max}$  (клк) по высоте не значительно. Вклад верхнего

освещения в освещенность нижних высот ценоза незначительный и определяется основным вкладом ближайших рядов СП.

Таблица 7 – Значения освещенности для всех сторон рядов Домика

Стороны рядов с расчётным растром: 64x128 точки	I			II			III			IV			все СП в Домике		
	Ряд СП 1,2,3			Ряд СП 1,2,3,4			Ряд СП 1,2,3,4,5			Ряд СП 1,2,3,4,5,6			Ряд СП 1-7		
	Е <sub>ср</sub> , лк	Е <sub>min</sub> , лк	Е <sub>max</sub> , лк	Е <sub>ср</sub> , лк	Е <sub>min</sub> , лк	Е <sub>max</sub> , лк	Е <sub>ср</sub> , лк	Е <sub>min</sub> , лк	Е <sub>max</sub> , лк	Е <sub>ср</sub> , лк	Е <sub>min</sub> , лк	Е <sub>max</sub> , лк	Е <sub>ср</sub> , лк	Е <sub>min</sub> , лк	Е <sub>max</sub> , лк
А	<b>5753</b>	<b>951</b>	<b>36727</b>	<b>5794</b>	<b>1000</b>	<b>36783</b>	<b>5818</b>	<b>1077</b>	<b>36833</b>	<b>5833</b>	<b>1100</b>	<b>36910</b>	<b>5840</b>	<b>1171</b>	<b>36971</b>
Б	5771	910	38738	5732	935	39736	5746	974	39681	5749	996	36749	<b>5734</b>	<b>1034</b>	<b>39768</b>
В	–	–	–	3595	605	60508	5832	966	59728	5850	1023	57917	<b>5865</b>	<b>1095</b>	<b>57990</b>
Г	–	–	–	5350	763	41090	5819	1052	41248	5833	1061	41315	<b>5825</b>	<b>1130</b>	<b>41349</b>
Д	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3691	676	41738	<b>5871</b>	<b>1134</b>	<b>41949</b>
Е	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5388	840	46301	<b>5851</b>	<b>1126</b>	<b>45769</b>

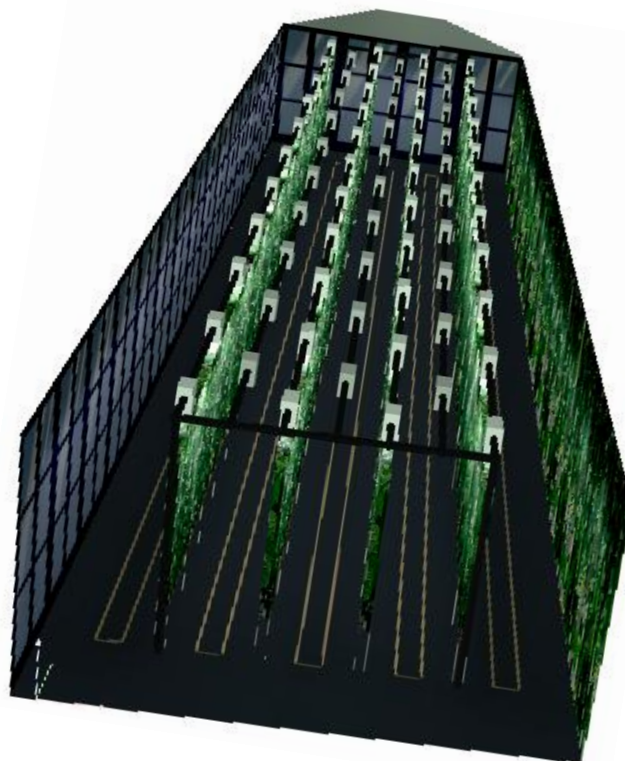
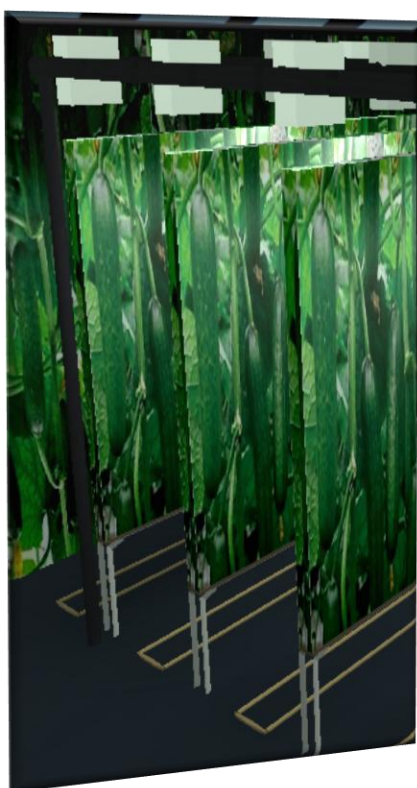
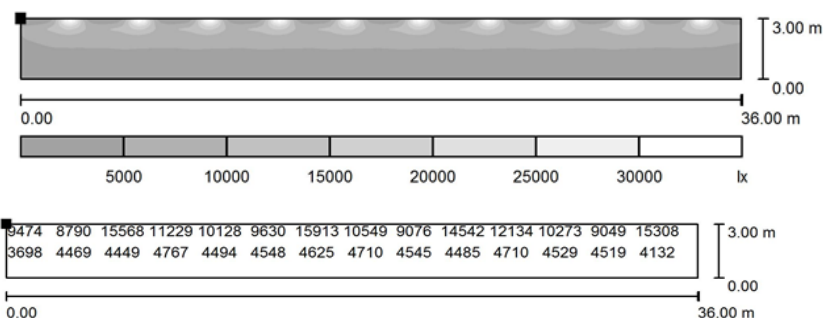


Рисунок 24 – 3D модель крайнего Домика огуречной теплицы



## Сторона А с включением световых приборов в рядах 1,2,3.

### Помещение 1 / Сцена освещения А 1 2 3 / Расчетные поверхности А / Градации серого (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5753

$E_{min}$  [lx]  
951

$E_{max}$  [lx]  
36727

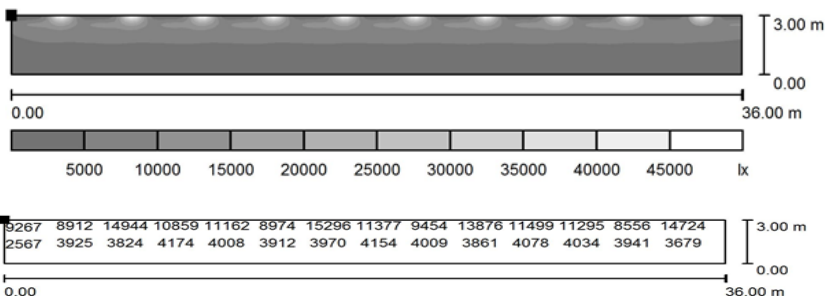
$E_{min} / E_{cp}$   
0.165

$E_{min} / E_{max}$   
0.026

Рисунок 25 – Представление расчетных данных по сторонам А, Б, В, Г для соответствующих рядов световых приборов (Сторона А)

## Сторона В с включением световых приборов в рядах 3,4,5

### Помещение 1 / Сцена освещения В 3 4 5 / Расчетные поверхности В / Градации серого (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (3.648 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5833

$E_{min}$  [lx]  
942

$E_{max}$  [lx]  
58986

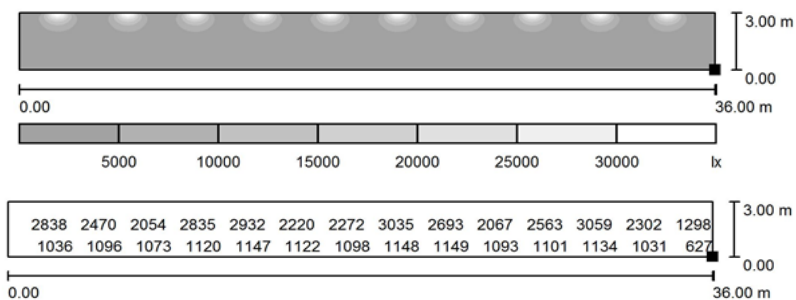
$E_{min} / E_{cp}$   
0.162

$E_{min} / E_{max}$   
0.016

Рисунок 26 – Представление расчетных данных по сторонам А, Б, В, Г для соответствующих рядов световых приборов (Сторона В)

## Сторона Б с включением световых приборов в рядах 2,3,4.

### Помещение 1 / Сцена освещения Б 2 3 4 / Расчетные поверхности Б / Градации серого (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (3.073 m, 1.991 m, 0.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
3547

$E_{min}$  [lx]  
545

$E_{max}$  [lx]  
38581

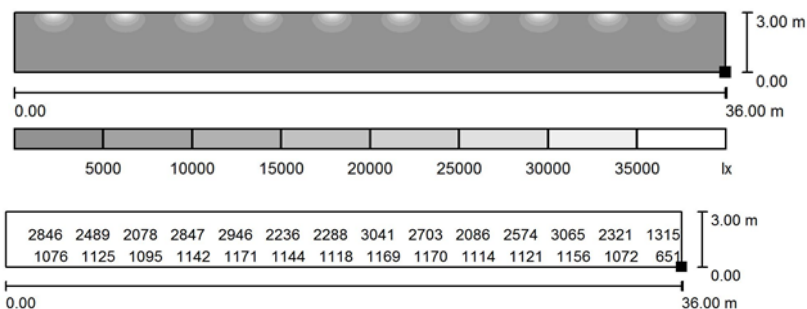
$E_{min} / E_{cp}$   
0.154

$E_{min} / E_{max}$   
0.014

Рисунок 27 – Представление расчетных данных по сторонам А, Б, В, Г для соответствующих рядов световых приборов (Сторона Б)

## Сторона Г с включением световых приборов в рядах 4,5,6

### Помещение 1 / Сцена освещения Г 4 5 6 / Расчетные поверхности Г / Градации серого (Е, вертикальн.)



Значения в Lux, Масштаб 1 : 258

Не все расчетные данные могут быть представлены.

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (4.769 m, 1.991 m, 0.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
3574

$E_{min}$  [lx]  
570

$E_{max}$  [lx]  
40627

$E_{min} / E_{cp}$   
0.159

$E_{min} / E_{max}$   
0.014

Рисунок 28 – Представление расчетных данных по сторонам А, Б, В, Г для соответствующих рядов световых приборов (Сторона Г)

На рисунке 29 показана 3D модель (программный комплексе DIALux, версия 4.13) тепличного комплекса по параметрам теплицы №4 агропромышленного комплекса ООО «Трубачево» п. Трубачево Томская область.

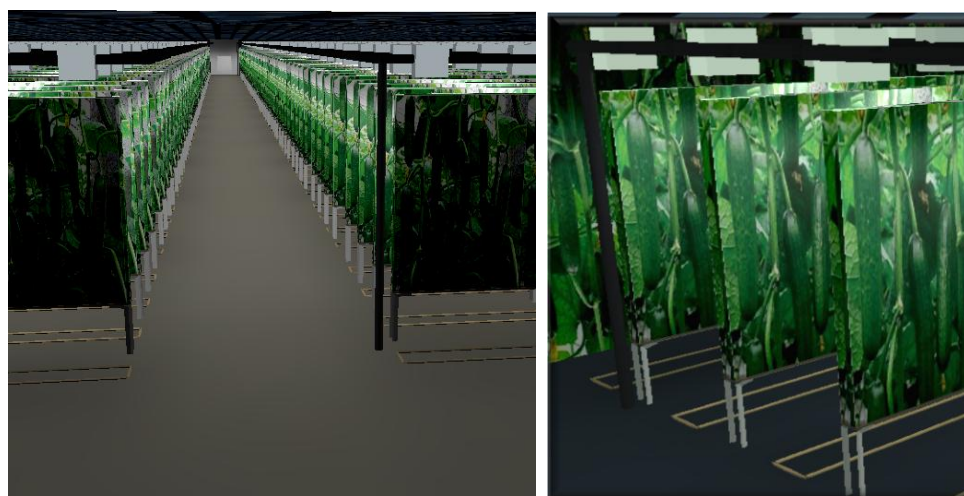
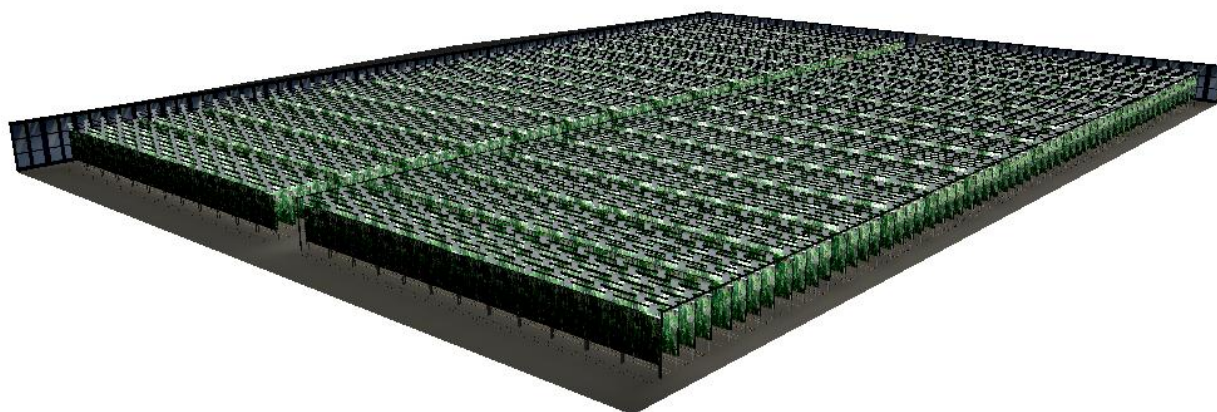


Рисунок 29 – 3D вид общей теплица огурца

Данная 3D модель представляет собой теплицу с общей площадью  $S=9291\text{м}^2$ , с количеством световых приборов равное 2520шт. Расчёт параметров освещённости для такого количества объектов, в том числе включая объекты растений, оказались затруднены. Эта задача будет решаться в последующих проектах для получения совокупного результата по освещению тепличных комплексов от 1га и выше.

Также, в программе DIALux 4.13 был построен огуречный Домик с применением режима досветки (рисунок 31). Для досвечивания использовались LED светильники компании Philips. С техническими характеристиками, приведенными на рисунке 30.

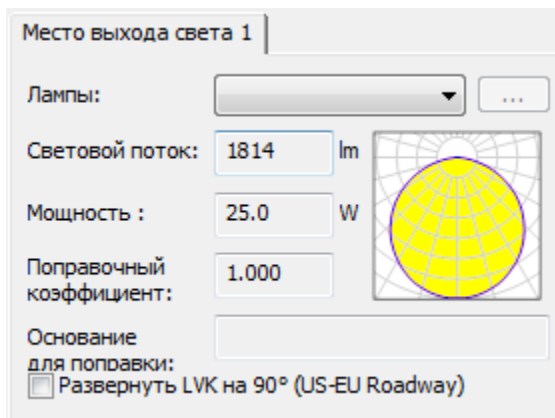


Рисунок 30 – Характеристики лампы

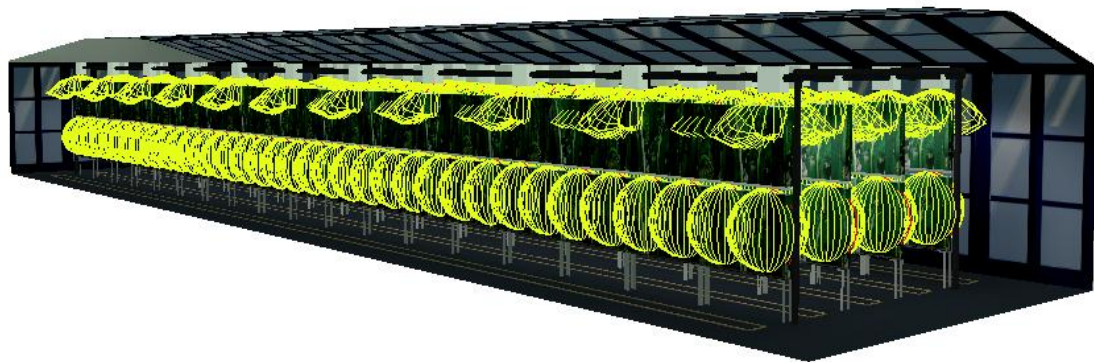


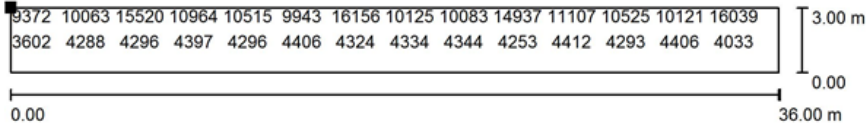
Рисунок 31 – Досвечивания с LED

Использование LED досветки включает в себя ряд дополнительных возможностей, а именно:

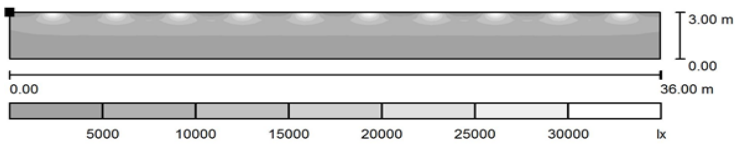
– полный диапазон светового спектра. Использование различных светодиодов дает возможность подобрать нужный состав по длине волны;

- механическая устойчивость;
- возможность управлять интенсивностью излучения.

### Сторона А с LED досветкой



**Помещение 1 / Сцена освещения 1-7 / Расчетные поверхности А / Градации серого (E, вертикальн.)**



Масштаб 1 : 258

Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (1.804 m, 1.991 m, 3.812 m)



Растр: 64 x 128 Точки

$E_{op}$  [lx]  
5976

$E_{min}$  [lx]  
1264

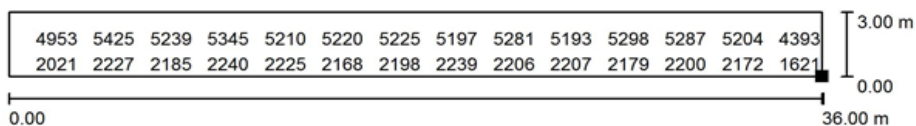
$E_{max}$  [lx]  
37247

$E_{min} / E_{op}$   
0.212

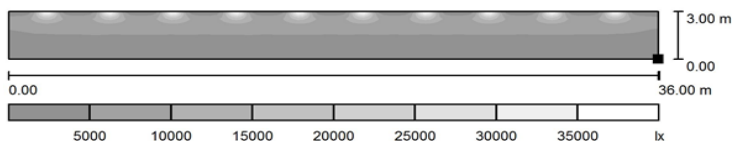
$E_{min} / E_{max}$   
0.034

**Рисунок 32 – Градации серого по стороне А,  
при включении всех рядов светильников в Домике**

## Сторона Б с LED досветкой



Помещение 1 / Сцена освещения 1-7 / Расчетные поверхности Б / Градации серого (E, вертикальн.)



Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (3.073 m, 1.991 m, 0.812 m)



Масштаб 1 : 258

Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5780

$E_{min}$  [lx]  
1037

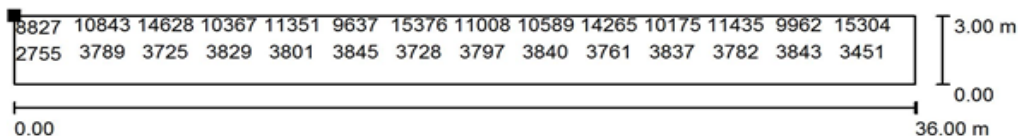
$E_{max}$  [lx]  
39292

$E_{min} / E_{cp}$   
0.179

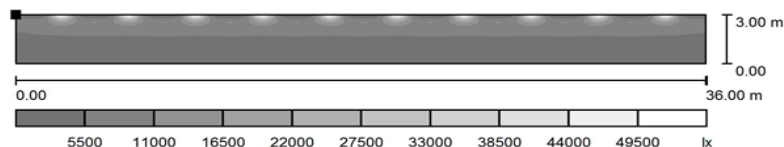
$E_{min} / E_{max}$   
0.026

Рисунок 33 – Градации серого по стороне Б,  
при включении всех рядов светильников в Домике

## Сторона В с LED досветкой



Помещение 1 / Сцена освещения 1-7 / Расчетные поверхности В / Градации серого (E, вертикальн.)



Расположение поверхности в помещении:  
Выделенная точка: (3.648 m, 1.991 m, 3.812 m)



Масштаб 1 : 258

Растр: 64 x 128 Точки

$E_{cp}$  [lx]  
5971

$E_{min}$  [lx]  
1160

$E_{max}$  [lx]  
59426

$E_{min} / E_{cp}$   
0.194

$E_{min} / E_{max}$   
0.020

Рисунок 34 – Градации серого по стороне В,  
при включении всех рядов светильников в Домике

## Сторона Г с LED досветкой

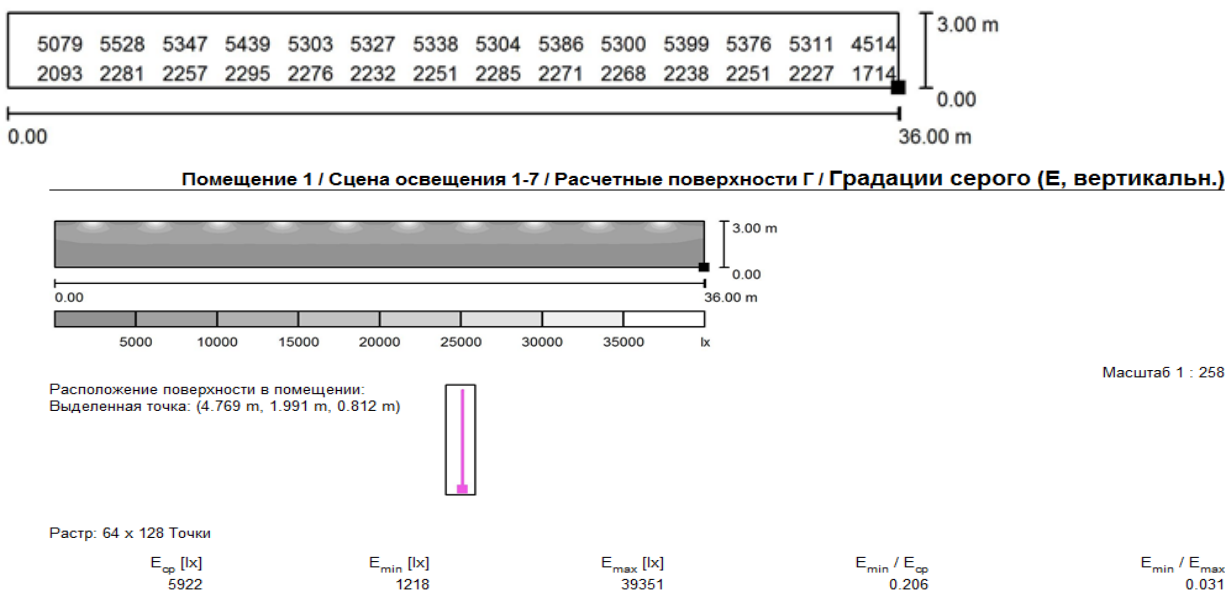


Рисунок 35 – Градации серого по стороне Г,  
при включении всех рядов светильников в Домике

## Сторона Д с LED досветкой

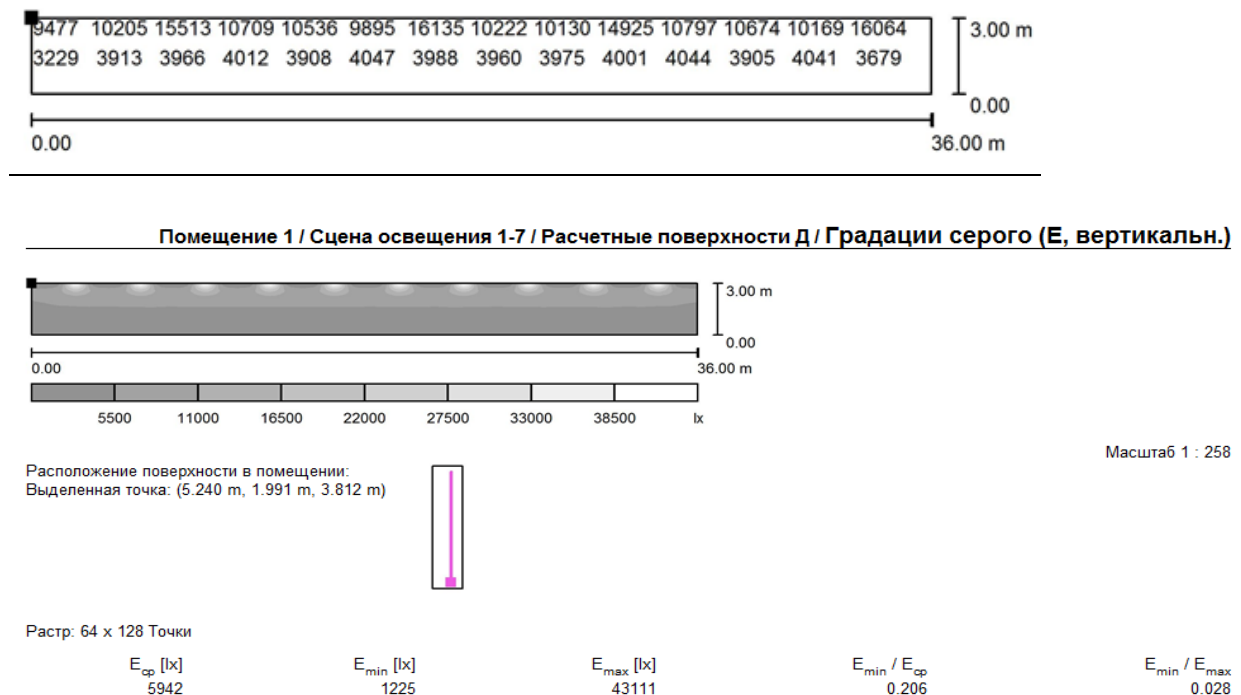


Рисунок 36 – Градации серого по стороне Д,  
при включении всех рядов светильников в Домике

Анализ представленных данных по включению дополнительных светодиодных рядов светильников демонстрируют увеличение значений освещенности по высоте  $h_1=1$  м и  $h_2=2$  м, чего не наблюдалось при исследованиях представленных в таблице 5. Данная система нуждается в доработке сбалансированного освещения по всей высоте роста и развития растений в вертикальной плоскости, с пересмотром количества световых приборов общего освещения при включении в систему освещения дополнительного промежуточного ряда светильников светодиодной досветки.



## **Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Основная деятельность научно-исследовательского проекта связана с изучением вопросов о современном состоянии светотехнических решений в области освещения тепличных комплексов, в нашем случае освещение тепличного комплекса ООО «Трубачево» г. Томска.

Данный раздел ВКР предназначен для оценки коммерческого потенциала и перспективе реализации проектов, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, планированию, финансовой исследования.

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 проекта**

В направлении освещения тепличных комплексов проектная организация осуществляет ряд услуг, исходя из этого, можем сегментировать рынок потребителей по критерию оказываемых услуг. В отрасли освещения тепличных комплексов наиболее часто осуществляется такие виды деятельности как: подготовка технического отчета, замена осветительной техники, создание новой осветительной установки (см. рис. 37).

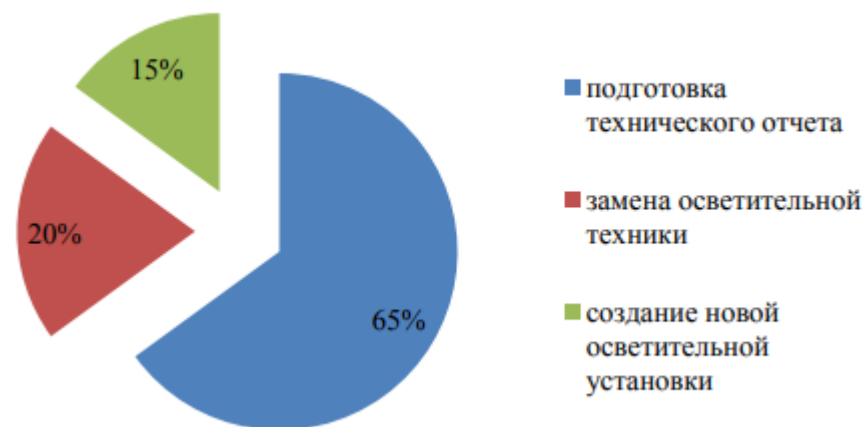


Рисунок 37 – Диаграмма востребованности услуг в области освещения

Для того, чтобы понять, в направлении какой деятельности развиваться создадим карту сегментирования (см. табл. 8).

Таблица 8 – Карта сегментирования

	Создание новой осветительной установки	Замена осветительной техники	Подготовка технического отчета
ООО «Трубачево»			
АО «Пригородный»			
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 (табл. 9).

Таблица 9 – 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	0,14	3	4	0,24	0,32
Удобство в эксплуатации	0,15	3	4	0,3	0,4
Надежность	0,14	2	2	0,14	0,21
Уровень шума	0,13	2	3	0,02	0,03
Безопасность	0,15	1	4	0,09	0,18
Простота эксплуатации	0,16	2	4	0,22	0,33
<b>Итого:</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>1,21</b>	<b>1,47</b>

По результатам анализа сведений, представленных в таблице 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 10).

Таблица 10 – 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

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

Экспертным путем определяется трудоемкость выполнения работ и оценивается в человеко-днях, а также носит вероятностный характер, поскольку зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

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

Где,  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  
 $t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы чел.-дн.;

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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

Где,  $T_{\text{КГ}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

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

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 удобства построения графика длительность каждого этапа работ следует перевести в календарные дни. Необходимые данные для построения графика приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№ этапа	Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях
		$t_{\min}$ чел.- дни	$t_{\max}$ чел.- дни	$t_{\text{ож}}$ 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 11 видно, что в исследовании для данной работы задействовано два человека (руководитель и студент-дипломник), а на выполнение работы требуется 90 календарных дней. По расчетным данным строится диаграмма Ганта (Таб. 12).



Таблица 12 – Диаграмма Ганта

№ этапа	Этап работы	Исполнители	Т <sub>кi</sub> 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		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, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 13 – 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	912,8 1

#### 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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

$Z_{осн}$  – основная заработная плата;

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

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и дипломник (табл. 14). Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

Таблица 14 – Расчет заработной платы

Исполнители	Кол-во дней	З <sub>день,руб./день</sub>	З <sub>осн., руб.</sub>	З <sub>доп.,руб.</sub>	З <sub>зп,руб.</sub>
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 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	З <sub>зп, руб.</sub>	З <sub>внеб, руб.</sub>
Руководитель	215 280	58 340,88
Дипломник	107 640	29 170,44
Итого:		87 511,32

### 5.4.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

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

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:

$$П = 2 * 100 = 200 \text{ рублей}$$

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} * N * n * t_{\text{зан.ч}}$$

Где,  $\mathcal{C}$  — 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.;

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

#### 5.4.5 Формирование сметы затрат на реализацию проекта

Таблица 16 – Расчет сметы затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, рублей	Примечание
Материальные затраты проекта	2774,01	Таблица 6
Затраты на оплату труда исполнителей	322 920	Таблица 7
Отчисления во внебюджетные фонды	87 511,32	Таблица 8
Накладные расходы	766	
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 следующим образом:

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

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 17 – 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 технического 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

Предметом исследования дипломной работы является условия управления освещением в теплицах для роста и развития растений.

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.

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 огурца, так же проектирование 3D-модели помещения исследуемого объекта.

Проведен анализ санитарно-гигиенических условий труда применительно к рабочему месту студента, где был разработан проект ВКР. Основным рабочим местом служила учебная аудитория Национального Исследовательского Томского политехнического университета (аудитория №248, корпус 16 В).

Основная часть работы выполнялось на персональном компьютере, что приводит к вредным воздействиям на человека. Влияние компьютера на здоровье человека характеризуется:

1. Постоянное положение сидя
2. Высокий визуальный стресс
3. Монотонные повторяющиеся нагрузки на руки, а также нервно-эмоциональные нагрузки, связанные с влиянием компьютера на психику человека.

Основные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека при работе за компьютером: мерцание монитора (влияет на глаза), электромагнитное



излучение, шум (раздражает), воздействие на психику, стесненная поза (действует на позвоночник), микроклимат помещения (влажность, пыльность).

### **6.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов**

По характеру воздействия опасности на человека они подразделяются на опасные и вредные факторы. Опасный фактор-негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Вредный фактор-негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Основная часть работы инженера-проектировщика связано с умственной деятельностью, при этом мозг человека не только регулирующий (как при физическом), но и главный работающий орган, поэтому интеллектуальные нагрузки влияют на состояние центральной нервной системы и на общее самочувствие в целом [26].

Таблица 18 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы [17].

Наименования работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проектирование осветительной установки теплицы (ООО «Трубачево»)	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении;	1. Электро-безопасность;	СанПиН 2.2.4-548-96
	Работа с персональным компьютером 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. Нервно-психические перегрузки.	2. Пожаро-взрывоопасность;	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

На практике вышеперечисленные факторы могут приводить к нарушению зрения, нарушениям опорно-двигательного аппарата, возможности кожных заболеваний лица, нервным и психическим заболеваниям, нарушениям в функционировании биологических систем организма.

## **6.2 Производственная санитария**

### **6.2.1 Уровень шума на рабочем месте**

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Шум – это, один из самых распространенных в производстве вредных факторов. Он создается непосредственно от работающих оборудовании, преобразователями напряжения, а также работающими осветительными приборами. За счет шума у человека начинаются головные боли, ослабляется внимание и ухудшается память.

Согласно требованию, СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 защита и уровень шума в помещении, в котором работает инженер-проектировщик на персональном компьютере не должно превышать 50 дБА [18]. Уровень шума в кабинете где проходило основная часть написания дипломной работы колеблется от 35 до 40 дБА. Следовательно, можно сказать, что данный кабинет соответствует требованиям.

### **6.2.2 Показатели микроклимата**

Для выполнения качественной и высокопроизводительной работы инженера-проектировщика в помещении, является обеспечения требуемых микроклиматических условий, которое является важной характеристикой санитарно-гигиенических условий труда.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест, с учетом интенсивности энергозатрат работающих, в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (см. табл. 2). В зависимости от характеристик отдельных категорий работ, можно отнести работу инженера-проектировщика к категории Ia, к этим категориям относятся работы с

интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительными физическими напряжениями [19].

Таблица 19 – Параметры микроклимата для категории работ Ia

Период года	Температура в помещениях, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	До 0,1
Теплый	23-25	40-60	0,1-0,2

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

### 6.2.3 Электромагнитное излучение

Источником электромагнитного излучения при проведении научно-исследовательских работ являются дисплеи ПК. Компьютерный монитор включает в себя ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. При выполнении ВКР использовался ЖК-монитор – TFT LCD.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в СанПиН 2.2.4./ 2.1.8.055-96 [20]. В случае защиты от внешнего излучения, возникающего при работе с дисплеем, выполняются следующие мероприятия: установка регулируемых перерывов в работе в 8-часовой рабочий день по 15 минут каждый час; установка дисплея на расстоянии

от оператора не менее 60-70 см; использование дисплеев со встроенными защитными экранами.

В рабочей комнате все мониторы расположены на отдельных столах. Таким образом, можно предположить, что расположение компьютеров соответствует требованиям СанПиН.

#### **6.2.4 Освещенность в помещении**

В современном промышленном освещении, включая освещение комнаты, есть высокие требования, такие как гигиенические и технико-экономические. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, уменьшает нагрузку на органы зрения, обеспечивает положительное психологическое воздействие на сотрудников, способствует повышению производительности.

К основным требованиям к свету рабочего места инженера-проектировщика :

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

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

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

В качестве источников искусственного освещения на рабочем месте используются люминесцентные лампы, входящие в пары, встроенные в лампы. Эти светильники расположены над рабочими поверхностями в равномерном прямоугольном порядке (рисунок 39).

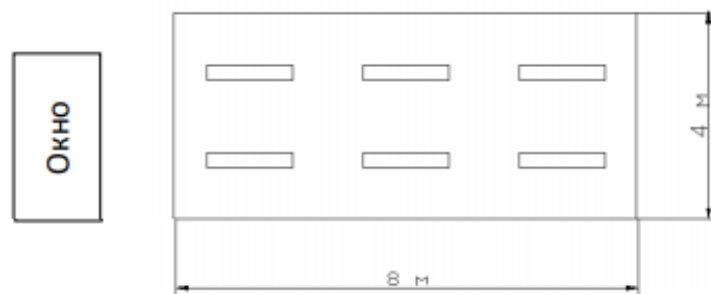


Рисунок 39 – План расположения световых приборов в помещении

Сделаем расчет искусственного освещения комнаты методом коэффициента использования. Для освещения № 248 аудитории используются открытые двойные светильники с люминесцентными лампами.

Характеристики ЛБ ламп:

$$P = 40 \text{ Вт};$$

$$I_{\text{л}} = 0,43 \text{ А};$$

$$\Phi_{\text{е}} = 3200 \text{ лм.}$$

Находим индекс помещения через формулу 1.

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

Где  $A$ ,  $B$ ,  $h$ , – длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

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

Коэффициент отражения стен, будет равен  $\rho_{\text{с}} = 50\%$ .

Выбор освещенности помещения осуществляем согласно СНиП 23-05-95[6], из которых минимальная освещенность  $E_{\text{min}} = 300$  люкс. Учитывая, что в помещении 6 светильников и в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп  $N=12$ . Тогда световой поток лампы равен:

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

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

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

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

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

### 6.3 Электрическая безопасность

Действие электрического тока на организм характеризуется основными поражающими факторами:

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

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

Инженер-проектировщик, работающий с электроприборами: компьютер (дисплей, системный блок, мышь и клавиатура), принтер, источник бесперебойного питания и сетевой фильтр. В этом случае существует опасность поражения электрическим током:

– при непосредственном касании частей ремонтной ПК;

- когда вы касаетесь деталей под напряжением (в случае нарушения изоляции живых частей, персонального компьютера);
- при контакте с полом, стенами, под напряжением;
- существует опасность короткого замыкания в высоковольтных устройствах: блок питания и развертку дисплея.

Кабинет № 248 в 16 корпусе - помещение сухое, без пыли, с нормальной температуры воздуха и, следовательно, согласно вышеизложенному классификация относится к классу помещений без повышенного риска: переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолирована, пол покрыт электроизоляционным покрытием. Корпус компьютера выполнен из металла лист, имеет высокую механическую прочность и высокую экранирующие свойства, покрытые непроводящим полимером пластмассы. Машина подключена к цепи заземления.

В шкафу № 248 используются приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому следующие меры предосторожности являются обязательными: Перед началом работы, убедитесь, что выключатели и розетка являются фиксированными и не голыми токоведущими частями; убедитесь, что заземляющий проводник подключен к общей шине заземление и проверка его целостности;

В случае аварии немедленно отпустите пострадавший от электрического тока, вызовите врача, окажите ему первую помощь. Меры защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электрические установки: изоляция ограждения (крышки, шкафы, закрытые панели, и.т.д.); блокировка;

Повышение электробезопасности в установках достигается защитным заземлением [23].



## **6.4 Экологическая безопасность**

Работа любого производства сопровождается образованием отходов, которые попадают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоем, твердых промышленных и бытовых отходов и мусора на поверхность и в недра Земли. Загрязнение среды обитания и образование в ней опасных зон, для которых характерны высокие концентрации токсичных веществ и повышенные уровни энергетического воздействия. Неисправные компьютеры и прочая оргтехника и является отходами при данном виде работ. Профессиональная утилизация компьютеров – это сложный, но важный процесс. Для выполнения процедуры утилизации техники существуют профессиональные фирмы, прошедшие регистрацию в Пробирной Палате [27].

## **6.5 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность - это состояние защищённости человека, общества, материального имущества и государства от пожаров.

### **6.5.1 Оценка пожарной безопасности помещения**

В зависимости от характеристик веществ, используемых в производстве и их количество, при пожаре и взрывоопасной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Д. Горючие компоненты в кабинете: мебель, двери, полы, изоляция кабелей и т. д. Источниками зажигания в шкафу могут быть электронные схемы от ПК, устройства, используемые для обслуживания устройства электроснабжение, кондиционирование воздуха, где в результате возмущения формируются перегретыми элементами, электрическими искрами и дугами, способных вызвать воспламенение горючих материалов.

Для Кабинета № 248 была установлена категория пожароопасности В [24].

Возможными причинами пожара могут быть

– короткое замыкание;

- опасная перегрузка сетей, что приводит к сильному нагреву токоведущие детали и светоизоляция;
- высокая плотность размещения электронных схем;
- нередко возникают пожары при запуске оборудования после ремонта;
- несоблюдение правил пожарной безопасности (курение в запрещенном месте, сжигание случайно брошенных матчей и т. д.).

Для предотвращения пожаров от коротких замыканий и перегрузок правильный выбор, установка и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических объектов автоматики. Поэтому необходимо предусмотреть ряд профилактических мер, деятельность технического, оперативного, организационного плана.

### **6.5.2 Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров**

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

- предотвращать образование горючей среды (герметизирующее оборудование, управление воздушной средой, работа и аварийная вентиляция);
- применение в строительстве и отделке зданий огнестойких или сложных горючих материалов. В офисе необходимо провести следующий профилактический контроль:
  - организационные мероприятия для технического процесса с учетом пожаробезопасности объекта;
  - операционная деятельность с учетом существующего оборудования;
  - технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтаж электрооборудования и обогревателей.

Организационная мера:

- противопожарное обучение обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам безопасности;

– публикация инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Операционная деятельность:

– соответствие действующим стандартам оборудования;

– обеспечение свободного подхода к оборудованию;

– поддержание работоспособности изоляции токопроводящих проводников.

Техническая мера:

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

– профилактический осмотр, ремонт и испытания оборудования. Здание должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения, пожарные краны, пожарная сигнализация и план эвакуации люди в огне [24].

## Заключение

В ходе настоящей работы были проведены исследования и получены следующие результаты:

- проведен анализ качества светового дня в период с 2017/2018 года в осенне – зимний период для учета параметров естественной освещенности в формировании фотопериодического освещения в теплицах, в частности п.Трубачево;
- выполнено трехмерное построение огуречной теплицы в параметрах Домика (количество световых приборов 74шт) по данным теплицы № 4 ООО «Трубачево»;
- получены расчетные данные по фрагменту (Домику) огуречной теплицы, проведено сравнение экспериментальных и расчетных данных;
- выявлен факт воздействия искусственного освещения в порядке трех ближайших рядов световых приборов. Вклад остальных рядов светильников в Домике незначительный, особенно на нижних уровнях ценоза;
- смоделирована система светодиодной досветки располагаемая в среднем уровне ( $h=1,5\text{м}$ ) роста и развития растения для обеспечения благоприятного уровня воздействия освещения в этой зоне.

## Список использованных источников

1. Сайт. Световые зоны РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosort.com/24-svetovye-zony-rfgosudarstvennogo-reestra-selekcionnyh-dosti.html>
2. Сайт. Тепличное освещение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://2svet.ru/news/8.html>
3. Каталог компании Philips. «Освещение теплиц».
4. Прикупец Л.Б. Светокультура. Рациональный подход к выбору системы освещения // Теплицы России. – 2016, №1. – С. 56–61.
5. Нормы и привала ФАР. СНиП 2.10.04-85
6. РД-АПК 1.10.09.01-14. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады. – М.: Министерство сельского хозяйства РФ, 2014. – 109 с.
7. Баев С.С., Кузьмин В.Н., Приборы ТКА для контроля световых и климатических параметров в теплицах// г. Санкт-Петербург 2017.
8. Сайт. Цветоводства и озеленения г. Томска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flora-tomsk.ru/39-1-prays-list.html>, свободный. – Загл. С экрана.
9. Григорай Е.В.// 0301.05- Физиология и биохимия растений – 2016 г. Сыктывкар.
10. Сайт. Географические координаты. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.timezone.ru/suncalc.php?tid=67>.
11. Сайт. Выращивания огурца в защищенном грунте. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.greenhouses.ru/cucumber-in-greenhouses>.
12. Клешнин А.Ф. Растение и свет. М.: Наука, 1954. – 456 с.

13. Боос Г.В., Прикупец Л.Б., Розовский Е.И. Стандартизация светотехнических приборов и установок для теплиц // Светотехника. – 2017. – № 6.

14. Сайт. Светодиодное освещение Philips для теплиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [www.philips.com/horti](http://www.philips.com/horti). 15. Сайт. DIALux [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dialux-help.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

16. Сайт. GALAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://galad.ru/catalog/special/greenhouse/>, свободный. – Загл. С экрана.

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

18. СП 51.13330.2011. Защита от шума

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

20. СанПиН 2.2.4. /2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона.

21. СП 2.6.1-758-99. Нормы радиационной безопасности.

22. СНиП 23-05-95\*. Естественное и искусственное освещение.

23. ПУЭ (Правила устройства электроустановок), 2000.

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

25. Правила пожарной безопасности ППБ 01-03.

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

27. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергия, 1990. – 312 с.

28. Сайт. Тепличное производство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.marketing.spb.ru/mr/food/glasshouse.htm>.

29. Сайт. Дневник погоды в Трубачево. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary/228269/2017/10//>

30. Сайт. Данные по долготе дня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.timezone.ru/suncalc.php?tid=67/>

31. Сайт. Климат Республики Коми. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://trasa.ru/region/komi\\_clim.html](http://trasa.ru/region/komi_clim.html).

32. Текст постановления Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2017 года №1356 "Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения".