

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение  
Отделение контроля и диагностики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка автоматизированной системы светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI</b>

УДК 628.9:621.383.52:004.8:631.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Терещенко Денис Борисович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Фёдоров Евгений Михайлович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ПК-12), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю,)
P2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-2, ОПК-3, ПК-6, ПК-8), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
P3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требования информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (УК-5, УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-9), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю.
P4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п.1.2, п.1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-3, ПК-9, ПК-11), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п.1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
P6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п.1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам, 29.006 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
P7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологических средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-2, УК-6, ОПК-3, ПК-7, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-14, ПК-15), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5, 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса)

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БМ72	Терещенко Денис Борисович

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение школы</b>	Контроля и диагностики
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление</b>	Приборостроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Проект выполняется в аудитории 605, корпус ТПУ 18. Сумма затрат на выполнение проекта составляет 200 тысяч рублей В реализации проекта задействованы руководитель проекта, студент-дипломник (2 человека)
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Данная НИР аналогов не имеет (нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют) Минимальный размер оплаты труда (на 2018 год) составляет 7500 руб.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Данная НИР не подлежит налогообложению (п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ) Отчисления во внебюджетные фонды – 30 % от ФОТ

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследовательской работы</i>	Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы SWOT-анализ
<i>2. Планирование процесса управления НИР: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование работ по научно-техническому исследованию (НТИ)
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка научно-технического уровня следования, Оценка рисков

**Перечень графического материала**

<ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</i></li> <li><i>2. Временные показатели проведения научного исследования</i></li> <li><i>3. График проведения НИ</i></li> <li><i>4. Материальные затраты</i></li> <li><i>5. Расчет основной заработной платы</i></li> <li><i>6. Отчисления во внебюджетные фонды</i></li> <li><i>7. Бюджет НТИ</i></li> </ol>
--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БМ72	Терещенко Денис Борисович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БМ72	Терещенко Денис Борисович

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Приборостроение

**Тема дипломной работы: «Разработка автоматизированной системы светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI»**

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является корпус ТПУ 18, аудитория 605, где производилась разработка автоматизированной системы освещения.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; действие фактора на организм человека; приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: механические опасности (источники, средства защиты); термические опасности (источники, средства защиты); электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>	<p>К числу вредных факторов на рабочем месте следует отнести присутствие не оптимальных метеоусловий на рабочем месте, периодическую запыленность воздуха, вероятность выброса токсичных веществ в атмосферу, периодическое несоответствие освещенности рабочего места, наличие электромагнитных и радиационных излучений, шум от вентиляции.</p> <p>К числу опасных факторов следует отнести наличие электроисточников, котлонадзорного оборудования, оборудования с повышенной температурой поверхности, присутствие механического оборудования, горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.</p> <p>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указаны допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений перечислены средства коллективной и индивидуальной защиты; приведены классы электроопасности помещений и категории пожароопасности помещения. Произведён расчёт освещения на рабочем месте.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b> защита селитебной зоны анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); методы решения.</p>

<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>  перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;  выбор наиболее типичной ЧС;  разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;  разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – большая вероятность проведения диверсии; предусмотрены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>  специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;  организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Приведены перечень НТД, используемых в данном разделе, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Терещенко Денис Борисович		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки Приборостроение

Уровень образования Магистратура

Отделение контроля и диагностики

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.10.2018	Литературный обзор	15
15.11.2018	Разработка контроллера DALI для системы автоматизированного освещения теплицы	20
12.04.2019	Сборка стенда	20
20.05.2019	Раздел "Социальная ответственность"	15
21.05.2019	Раздел "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсозбережение"	15
22.05.2019	Раздел "Иностранный язык"	15

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фёдоров Евгений Михалович	к. т. н.		05.12.2018

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к. т. н.		05.12.2018

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки Приборостроение  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Г.В. Вавилова  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ72	Терещенко Денис Борисович

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI

Утверждена приказом директора (дата, номер)

15.11.2018, №10108/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2019

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования: автоматизированная система освещения теплицы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Анализ источников информации по теме работы.</li><li>2. Разработка контроллера системы автоматизированного освещения теплицы на основе интерфейса DALI</li><li>3. Сбор и проверка работоспособности стенда</li><li>4. Рассмотрение вопросов социальной ответственности и финансового менеджмента.</li><li>5. Выводы о достижении поставленной цели.</li></ol>

<b>Перечень графического материала</b>	Структурная схема системы освещения, структурная и электрическая принципиальная схемы контроллера DALI
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Фадеева Вера Николаевна
«Социальная ответственность»	Федорчук Юрий Митрофанович
"Иностранный язык"	Смирнова Ульяна Александровна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Анализ источников информации	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.12.2018

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Фёдоров Евгений Михайлович	к.т.н., доцент		05.12.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Терещенко Денис Борисович		05.12.2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра на тему «Разработка автоматизированной системы светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI» выполнена в соответствии с программой ВКР.

Текстовая часть включает пояснительную записку, которая изложена на 138 страницах, имеет 20 рисунков, 24 таблицы, 28 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: теплица, освещение, светодиод, автоматизированная система, DALI.

Объектом исследования является автоматизированная система освещения теплицы.

Целью работы является разработка автоматизированной системы освещения теплицы.

В процессе исследования был проведен анализ методов и приборов автоматического освещения, были рассмотрены различные методы контроля систем автоматического освещения.

В результате исследования была разработана автоматизированная система светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	13
1. Анализ источников информации .....	14
1.1. Области применения автоматических систем управления .....	14
1.1.1. Освещение улиц, домов, промышленных объектов .....	15
1.1.2. Животноводство .....	17
1.1.3. Растениеводство .....	23
1.2. Источники освещения, применяемые для автоматических систем управления .....	30
1.2.1. Лампы накаливания .....	30
1.2.2. Газоразрядные лампы .....	33
1.2.3. Светодиодные лампы .....	36
1.3. Методы регулирования автоматических систем управления .....	41
1.3.1. Аналоговое управление 0 – 10 В .....	41
1.3.2. DMX512 .....	43
1.3.3. ШИМ .....	44
1.3.4. DALI .....	46
1.4. Примеры существующих контроллеров управления автоматическими системами освещения .....	48
1.4.1. Программируемый контроллер освещения LDALI-PLC4 от LOYTEC 48	
1.4.2. Контроллер DALI-Logic-PS-x4 (230В, Ethernet) .....	52
1.4.3. DALI-Logic-x4 (230В, Ethernet) .....	54
2. Разработка автоматизированной системы управления .....	56
2.1. Разработка структурной схемы системы .....	56
2.2. Подбор компонентов системы .....	57
2.2.1. Подбор компонентов общей системы исключая контроллер DALI. 57	
2.2.2. Подбор компонентов контроллера DALI .....	60
2.3. Разработка структурной и электрической принципиальной схем контроллера DALI .....	62
2.4. Разработка программного обеспечения .....	64

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
3.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	65
3.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	66
3.3. SWOT-анализ .....	68
3.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	72
3.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	74
3.6. План проекта .....	74
3.7. Цели и результаты НТИ.....	74
3.8. Структура работ в рамках научного исследования.....	76
3.8.1. Определение трудоемкости выполнения работ .....	77
3.8.2. Разработка графика проведения научного исследования .....	78
3.9. Бюджет научного исследования .....	81
3.9.1. Расчет материальных затрат НТИ .....	82
3.9.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	84
3.9.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	85
3.9.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	88
3.9.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	88
3.10. Определение ресурсной эффективности.....	89
4. Социальная ответственность .....	90
4.1. Техногенная безопасность .....	90
4.1.1. Микроклимат рабочего помещения .....	91
4.1.2. Шумы.....	92
4.1.3. Освещение на рабочем месте .....	94
4.1.4. Электробезопасность .....	97
4.1.5. Пожаровзрывобезопасность.....	100
4.1.6. Электромагнитные поля .....	103
4.1.7. Охрана окружающей среды.....	105
4.1.8. Защита в ЧС .....	106
4.2. Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	107

4.2.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	108
4.2.2. Перечень НТД.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	112
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....	115
Приложение А .....	116
Приложение Б.....	130
Приложение В .....	131
Приложение Г .....	132
Приложение Д .....	133

## ВВЕДЕНИЕ

Многие светлюбивые культуры (овощи, ягоды, рассады, цветы), выращиваемые в теплицах круглогодичного или зимнего использования не дадут хорошего урожая без правильного освещения. Современные системы освещения все чаще выполняются на светодиодах, т.к. по сравнению с газоразрядными лампами и лампами накаливания, они экономичнее, долговечнее и позволяют регулировать спектр и интенсивность освещенности в широком диапазоне.

Большинство систем тепличного освещения ограничиваются регулировкой интенсивности освещения, основанной на цикле “день-ночь” или на измерении естественного освещения, без учета спектра, который также важен для растений.

Разрабатываемая система освещения регулирует не только интенсивность освещения, но и его спектр, основываясь на измерениях естественного освещения. Работа данной системы основана на интерфейсе DALI. Изменение спектра и интенсивности освещения относительно естественного освещения будет производиться по определенному эмпирическому закону, соответствующему выращиваемому растению.

Актуальность работы заключается в том, что разрабатываемая система освещения увеличит эффективность выращивания культур/ позволит эффективнее выращивать благодаря соблюдению е баланса спектра освещения, необходимого конкретной выращиваемой культуре.

Целью работы является разработка автоматической системы освещения теплицы.

Объектом исследования является автоматизированная система освещения теплицы.

Предметом исследования является регулирование спектра и интенсивности освещенности теплицы.

## **1. Анализ источников информации**

### **1.1. Области применения автоматических систем управления**

Расход электроэнергии на цели освещения может быть заметно снижен достижением оптимальной работы осветительной установки в каждый момент времени.

Добиться наиболее полного и точного учета наличия дневного света, равно как и учета присутствия людей в помещении, можно, применяя средства автоматического управления освещением (СУО). Управление осветительной нагрузкой осуществляется при этом двумя основными способами: отключением всех или части светильников (дискретное управление) и плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным).

К системам дискретного управления освещением в первую очередь относятся различные фотореле (фотоавтоматы) и таймеры. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности.

Вторые осуществляют коммутацию осветительной нагрузки в зависимости от времени суток по предварительно заложенной программе.

К системам дискретного управления освещением относятся также автоматы, оснащенные датчиками присутствия. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из него удаляется последний человек. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений.

В последнее время многими зарубежными фирмами освоено производство оборудования для автоматизации управления внутренним освещением. Современные системы управления освещением сочетают в себе значительные возможности экономии электроэнергии с максимальным удобством для пользователей.

### **1.1.1. Освещение улиц, домов, промышленных объектов**

Автоматизированные системы управления освещением, предназначенные для использования в общественных зданиях, выполняют следующие типичные для этого вида изделий функции:

Точное поддержание искусственной освещенности в помещении на заданном уровне. Достигается это введением в систему управления освещением фотоэлемента, находящегося внутри помещения и контролирующего создаваемую осветительной установкой освещенность. Уже только одна эта функция позволяет экономить энергию за счет отсечки так называемого "излишка освещенности"

Учет естественной освещенности в помещении. Несмотря на наличие в подавляющем большинстве помещений естественного освещения в светлое время суток, мощность осветительной установки рассчитывается без его учета.

Если поддерживать освещенность, создаваемую совместно осветительной установкой и естественным освещением, на заданном уровне, то можно еще сильнее снизить мощность осветительной установки в каждый момент времени.

В определенное время года и часы суток возможно даже использование одного естественного освещения. Эта функция может осуществляться тем же фотоэлементом, что и в предыдущем случае, при условии, что он отслеживает полную (естественную + искусственную) освещенность. При этом экономия энергии может составлять 20 - 40%.

Учет времени суток и дня недели. Дополнительная экономия энергии в освещении может быть достигнута отключением осветительной установки в определенные часы суток, а также в выходные и праздничные дни. Эта мера позволяет эффективно бороться с забывчивостью людей, не отключающих освещение на рабочих местах перед своим уходом. Для ее реализации

автоматизированная система управления освещением должна быть оборудована собственными часами реального времени.

Учет присутствия людей в помещении. При оборудовании системы управления освещением датчиком присутствия можно включать и отключать светильники в зависимости от того, есть ли люди в данном помещении. Эта функция позволяет расходовать энергию наиболее оптимально, однако ее применение оправдано далеко не во всех помещениях. В отдельных случаях она может даже сокращать срок службы осветительного оборудования и производить неприятное впечатление при работе.

Если для внутреннего освещения более актуально выключить свет (включение, как уже отмечалось, — это естественная потребность: человек, вошедший в помещение, сам щёлкнет выключателем), то для наружного не менее важной задачей является автоматическое включение освещения. Если основным условием (фактором) включения освещения в помещении является присутствие в нём людей, то для наружного освещения такой фактор — это время суток и уровень естественного освещения. Ещё одно отличие — количественное: если внутри помещения автоматическое устройство, например датчик движения, управляет, как правило, одной, реже несколькими лампами, мощностью десятки ватт, то в системах наружного освещения это могут быть каскады светильников, мощность которых измеряется киловаттами. Освещение улиц и подсветка зданий — одна из самых затратных статей городского бюджета на электроэнергию. В свою очередь сокращение времени работы самих ламп (почти в 2 раза) даёт приблизительно такое же увеличение их срока службы, что уменьшает расходы на эксплуатацию (замену отработавших ламп) и транспорт. Но и это ещё не всё. Города растут. Появляются новые жилые районы и промышленные зоны, которые надо освещать, а это требует дополнительных мощностей. Ими могут «поделиться» старые районы за счёт снижения в них электропотребления на наружное освещение, что частично

компенсирует затраты на ввод новых энерго мощностей. Автоматизация наружного освещения как эффективный инструмент энергосбережения. Автоматическое управление освещением — один из наиболее эффективных и доступных способов получения реальной экономии электроэнергии.



Рис. 1 Применение автоматического уличного освещения

### **1.1.2. Животноводство**

Свет – один из необходимых и важных параметров микроклимата животноводческих помещений. Любой технологический процесс сельскохозяйственного производства неразрывно связан с жизнедеятельностью животных, поэтому необходимо создать для животных комфортную обстановку для жизни в условиях фермы. Главной проблемой молочных ферм является отсутствие достаточного естественного освещения. Решить данную проблему достаточно легко, используя осветительные установки искусственного света. От уровня освещенности, спектрального состава излучения, в первую очередь, зависит развитие и рост животных, их здоровье, продуктивность, расход кормов, а также качество получаемой продукции. Под действием света усиливается обмен веществ, окислительные

реакции и стимулируются функции эндокринной системы, что повышает устойчивость организма к болезням.

В сельском хозяйстве применяется довольно широкий диапазон оптического излучения – ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное. Энергию в виде излучения используют для освещения животноводческих помещений, а при помощи инфракрасных ламп обогревают молодняк в возрасте до 60 дней.

Видимая часть спектра располагается в пределах от 380 до 780 нм и обладает способностью вызывать раздражение зрительного аппарата. Стоит отметить, что глаз имеет различную чувствительность к разным диапазонам видимого спектра.

В процессе приспособления к внешним факторам, влияющих на чередования света и темноты (дня и ночи) у животных наблюдаются равномерные изменения процессов жизнедеятельности, название которых фотопериодизм. Возникновение половых рефлексов, потребность воспроизведения потомства, круглогодичная смена шерсти, жиросотделение, обмен веществ, количество выделяемого молока, эндокринная функция осуществляются и регулируются у животных световым режимом. Преимущественно, процесс размножения неразрывно связан со световым режимом. Животных можно поделить на короткодневных, длиннодневных и промежуточных. Коровы относятся к длиннодневным животным, их половая активность наиболее выражена в весенние месяцы, когда долгота дня увеличивается.

Фотопериодизм является источником увеличения массы гипофиза, повышает секреторную деятельность базофильных клеток гипофиза. Из-за отсутствия или недостатка света в помещении, а также при постоянной освещенности 100 лк и более имеет место недоразвитие, как гипофиза, так и

эпифиза; снижается их массы, гормональная активность и ослабевает функция эндокринной системы в целом.

Стоит уделить особое внимание эффекту воздействия света на продуктивность животных. На продуктивность влияют интенсивность, периодичность и продолжительность излучения, а также главный фактор – спектральный состав излучения.

Некоторые части спектра излучений по-разному воздействуют на нервную систему животных. Наибольшая возбудимость проявляется при освещении красными лучами, наименьшая при фиолетовом и синем. Зеленая и желтая часть видимого спектра не оказывает определяющего влияния на поведение животных. Из-за влияния интенсивного и продолжительного освещения повышается тонус нервно-мышечного аппарата, в результате увеличивается двигательная активность, в свою очередь, недостаток света в помещении подавляет активность, ведет к сокращению обмена веществ, животные двигаются меньше и отдыхают больше.

Под действием света налаживается обмен веществ в организме животных, это является необходимым процессом и, безусловно, обязательным условием правильной функциональности организма. Соответственно, оптимизированное освещение является необходимым 20 требованием для профилактики и лечения целого ряда заболеваний сельскохозяйственных животных, тогда как недостаточная освещенность создает предпосылки к возникновению у них анемии, остеопороза и других болезней.

Если освещение продолжительное и интенсивное, то это главное стимулирующее действие, которое влияет на белковый обмен. Синтез белка нарушается, когда животных содержат в условиях низкой освещенности (менее 150 лк) в течение длительного времени.

Коровы, содержащиеся при освещенности 100-150 лк, во все сезоны года имели общее количество белка в крови на 3-6,6 % больше, чем коровы, содержащиеся при освещенности 50-100 лк за счет увеличения глобулинов.

Стоит отметить, что газообмен в организме животных претерпевает изменения в зависимости от интенсивности, продолжительности освещения и спектрального состава света. При увеличении искусственной освещенности в помещении от 15-20 до 100-120 лк, у коров возрастает потребление кислорода на 11-26 %, выделение углекислого газа увеличивается на 26,2-34,1 %, а образование тепла на 1 кг массы тела животного повышается на 16-22 %. При низком уровне освещенности и коротком световом дне снижаются обмен кислорода и углекислого газа, это ведет к стремительному снижению окислительных процессов в организме животных.

По результатам исследований Л.И. Тихомировой выявлено, что коровы, находящиеся при интенсивности освещения 50 – 100 лк при шестнадцатичасовом световом дне, не только повышается их репродуктивность, резистивность организма, но и снижается заболеваемость у телят.

Правильно подобранные режимы света и тьмы значительно влияют на качество жизни куриц, их хорошее развитие и яйценоскость.

Свет в курятнике – важная составляющая роста птиц, их комфортной жизни и физиологического развития. Грамотно построенная система иллюминации позволяет достичь высокой продуктивности выращивания и, как следствие, значительной экономической выгоды. От добросовестно спланированной и правильно сконструированной программы освещения зависят такие показатели:

- количество откладываемых яиц, их размер, вес и плотность скорлупы;
- эффективный режим роста и развития кур;

- выживаемость цыплят;
- скорость полового созревания птицы;
- продолжительность периода яйценоскости;
- количество потребляемого корма и его усваиваемость;
- оплодотворяемость яиц;
- вероятность травматизма среди особей;
- эффективность энергозатрат.

Интенсивность освещения является одним из главных факторов при разведении птицы. Недавно вылупившиеся цыплята нуждаются в свете, яркостью не менее 30-40 лк. По мере того, как они будут прибавлять в росте и весе, примерно с третьей недели жизни особей, интенсивность горения ламп можно постепенно снижать до 5-7 лк. и оставить таковой до самого конца роста. Взрослую птицу лучше всего обеспечить светом в 10 лк., но при выращивании семейства с петухом, необходимо обеспечить курятнику яркость в 15 лк.

Резкое включение и выключение ламп заставляет птиц пугаться, поэтому система освещения должна обеспечивать плавные переходы от света к тьме и наоборот. Это правило особо актуально для тех пород, которых разводят для получения яиц.

Постоянный свет в курятнике также вреден для его обитателей, поэтому с третьего дня жизни цыплят следует приучать к темноте. Если этого не делать, в случае внезапного отключения электричества куры могут в панике затоптать друг друга.

Продолжительность светового дня оказывает прямое воздействие на скорость полового созревания птицы. Опыт показывает, что 10-14 часов непрерывного ежедневного освещения ускоряет период созревания курицы.

нижение продолжительности естественного освещения в осенние и зимние месяцы приводит к тому, что все процессы в организме кур замедляются, ухудшается их яйценоскость. Исправить ситуацию поможет искусственное увеличение светового дня при помощи электрических ламп. Продлив время освещения курятника до 12-13 часов ежедневно, можно увеличить темпы откладывания яиц на 30%.

Постепенное обеспечение птичника дополнительным светом начинают, как правило, с середины ноября, после того, как у птиц окончательно закончится период линьки. Для этого приблизительно в 6 часов утра каждый день в курятнике зажигают лампу мощностью до 60 Вт, а с приходом рассвета ее гасят. После наступления сумерек и до 8 часов вечера проделывают то же самое. Для обеспечения плавного перехода от света к темноте используют несколько ламп, включаемых и выключаемых поочередно.



Рис. 2 Применения автоматического освещения в курятнике

### **1.1.3. Растениеводство**

Известно, что дневной белый свет состоит из волн различной длины, в совокупности составляющих видимый спектр. Он ограничен длинами волн от 380 нм (фиолетовый) до 780 (красный). В жизни растений наиболее важное значение имеет физиологически активная и фотосинтетическая активная радиация. Самые важные лучи для растений – оранжевые (620-595 нм) и красные (720-600 нм). Эти лучи поставляют энергию для процесса фотосинтеза, а также «отвечают» за процессы, влияющие на скорость развития растения. Например, пигменты с пиком чувствительности в красной области спектра отвечают за развитие корневой системы, созревание плодов, цветение растений. Так, к примеру, слишком большое количество красных и оранжевых лучей могут задержать цветение растения.

Также в фотосинтезе непосредственное участие принимают и синие, а также фиолетовые лучи (490-380нм). Кроме того, в их функции входит

стимулирование образования белков и регулирование скорости роста растения. Те растения, которые растут в природных условиях короткого дня, быстрее зацветают именно под воздействием этих лучей.

Пигменты с пиком поглощения в синей области отвечают за развитие листьев, рост растения и т.д. Растения, выросшие с недостаточным количеством синего света, например, под лампой накаливания, более высокие - они тянутся вверх, чтобы получить побольше "синего света". Пигмент, который отвечает за ориентацию растения к свету, также чувствителен к синим лучам.

Лучи, которые имеют длинную волну (315-380 нм), не позволяют растению чрезмерно «вытягиваться» и отвечают за синтез ряда витаминов. В то же время ультрафиолетовые лучи, которые имеют длину волны 280-315 нм, могут повышать холодостойкость растений.

Таким образом, жизненно важными для развития растений не являются только желтые и зеленые лучи (565-490 нм).

Следовательно, при организации искусственного освещения растений необходимо в первую очередь учитывать их потребность в особенном спектре света.

Одно из основных условий существования всех растений – свет. Ведь только на свету в листьях в результате фотосинтеза образуются сложные органические вещества, необходимые для роста и развития живого организма. Для образования органических веществ (сахара и крахмала) из углекислого газа и воды нужна энергия, и хлоропласты получают ее в виде энергии солнечного луча.

При избытке света хлорофилл частично разрушается, и цвет листьев становится желто-зеленым. На сильном свету рост растений замедляется, они получают более приземистыми с короткими междоузлиями и широкими короткими листьями.

Появление бронзово-желтой окраски листьев указывает на значительный избыток света, который вреден растениям. Если срочно не принять соответствующие меры, может возникнуть ожог.

В зеленом листе происходит и процесс дыхания, то есть окисление органического вещества, образовавшегося при фотосинтезе. Он совершается круглые сутки, фотосинтез же – только днем на свету, но намного интенсивней, чем дыхание. Окисляясь, органическое вещество, выделяет ту энергию, которую оно получило от солнечного света в момент своего образования. Эта энергия используется растением для роста, развития и других процессов жизнедеятельности.

Таким образом, энергия, поглощенная растением при фотосинтезе, не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую: световая – в химическую, химическая – в механическую или тепловую. Так в жизни растения осуществляется один из законов природы – закон сохранения энергии.

Зеленый лист – источник жизни на нашей планете. Хлоропласты листа – это единственная в мире лаборатория, в которой из простых неорганических веществ – воды и углекислого газа создаются с помощью энергии солнечного луча сложные органические вещества – сахар и крахмал.

У каждой культуры свои специфические требования к освещению. Они изменяются в течение жизни растения. Все огородные посадки а разной степени светолюбивы. Наиболее светолюбивы пасленовые, причем перец и баклажан более светолюбивы, чем томат – сбрасывают все бутоны при недостатке света. Томаты сорта «Черри» являются одними из самых теневыносливых. Огурцы, салаты, петрушка, луки, капуста способны перетерпеть временное отсутствие освещения, а укроп не способен. Общий принцип заключается в том, что все растения, выращиваемые ради цветов и

плодов — более светолюбивы, чем те, что выращиваются ради съедобных листьев.

Как и все живые организмы, растения обладают способностью адаптироваться к изменяющимся условиям. Эта способность различна у разных видов. Есть растения, довольно легко приспосабливающиеся к достаточному или избыточному свету, но встречаются и такие, которые хорошо развиваются только при строго определенных параметрах освещенности. В результате адаптации растения к пониженной освещенности несколько меняется его облик. Листья становятся темно-зелеными и немного увеличиваются в размерах (линейные листья удлиняются и становятся уже), начинается вытягивание междоузлий стебля, который при этом теряет свою прочность. Затем их рост постепенно уменьшается, т.к. резко снижается производство продуктов фотосинтеза, идущих на построение тела растения. При недостатке света многие растения перестают цвести.

Выращиваемые культуры обладают такой характеристикой, как фотопериодичность. Суть данной характеристики заключается в том, что для перехода к цветению и образованию плодов выращиваемым культурам необходима определенная продолжительность светлого времени суток. «Растениям длинного дня» для перехода к цветению нужно, чтобы свет был более двенадцати часов в сутки, «растениям короткого дня» — менее двенадцати. Существуют и растения, занимающие промежуточное положение, цветение которых практически не реагирует на изменение режимов освещения.

Тыквенным, пасленовым нужен короткий день. Капуста, корнеплоды зацветают при длинном дне. У некоторых растений довольно специфичные требования к освещению, например *Callistephus sinensis* (астра китайская), которая зацветает, когда ряд длинных дней чередуется с рядом коротких. Общее правило таково — тропические растения принадлежат к группе короткого дня, северные — длиннодневные.

При этом крайне важно количество получаемого растениями света, где принципиально не только его количество, но и качество, а именно спектр его излучения. Важен также и период, сочетающий освещенность и затемнение.

Но даже растения короткого дня прекращают рост, если светлый период суток меньше десяти часов. Поэтому если они не растут, не зацветают, а рассада вытягивается, придется предусмотреть возможность искусственного досвечивания. Однако неблагоприятно сказывается для растений и круглосуточная подача освещения. Самое трудное при этом — выбрать лампы, ведь подбирать придется из широкого ассортимента вариантов, различных по стоимости, энергопотреблению, цветовому спектру. При этом на разных фазах развития растениям требуется освещение различного спектра. Так, при первоначальном активном росте и наборе зеленой массы полезнее синяя составляющая спектра, а в фазе цветения и плодоношения — красная. Еще недавно существовало мнение, что для вегетативного роста нужна только синяя часть спектра, для плодоношения — красная. Соблюдение этого правила приводит к получению безвкусных, «пустых» овощей. «Идеализированное» освещение — это стресс для самих растений, и для полноценного роста им все-таки нужен весь солнечный спектр. А избыточное воздействие монохромным светом к хорошему не приведет. Ведь даже тот же ускоренный рост растения и преждевременное созревание плодов — не что иное, как реакция на умеренный стресс. А потому итоговая продукция отнюдь не радуется ни качеством, ни вкусом. Полезных веществ в таких растениях крайне мало, и даже тепличный укроп, который так и не увидел ультрафиолета, по виду будет превосходить своих собратьев с огорода, но на вкус станет напоминать обычную траву. Растению нужен весь спектр полностью, а не монохромное излучение, это придется учесть при выборе источников освещения. Следует отметить, что искусственных источников освещения, полностью аналогичных по спектру солнечному

свету еще не существует. Однако, чтобы подсветка растений была эффективной, необходимо создать спектр света, близкий к дневному.

Также следует различать два типа освещения теплиц искусственным светом:

1) Первый тип - тепличные светильники, обеспечивающие растения необходимым количеством световой энергии, поглощаемой ими в период естественного освещения. Такой тип подсветки требует, чтобы плотность световой энергии в период облучения фотосинтетически активной радиацией (ФАР) находилась в диапазоне от 400 до 1000  $\mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;

2) Второй тип – фотопериодическое освещение теплиц. Оно предполагает использование искусственного света для удлинения дня за счет освещения растений ночью. Изменяя продолжительность дня и ночи с помощью искусственного освещения, можно ускорить или приостановить цветение растений. Такой тип освещения требует относительно небольшой дозы энергии на уровне 5-10  $\mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

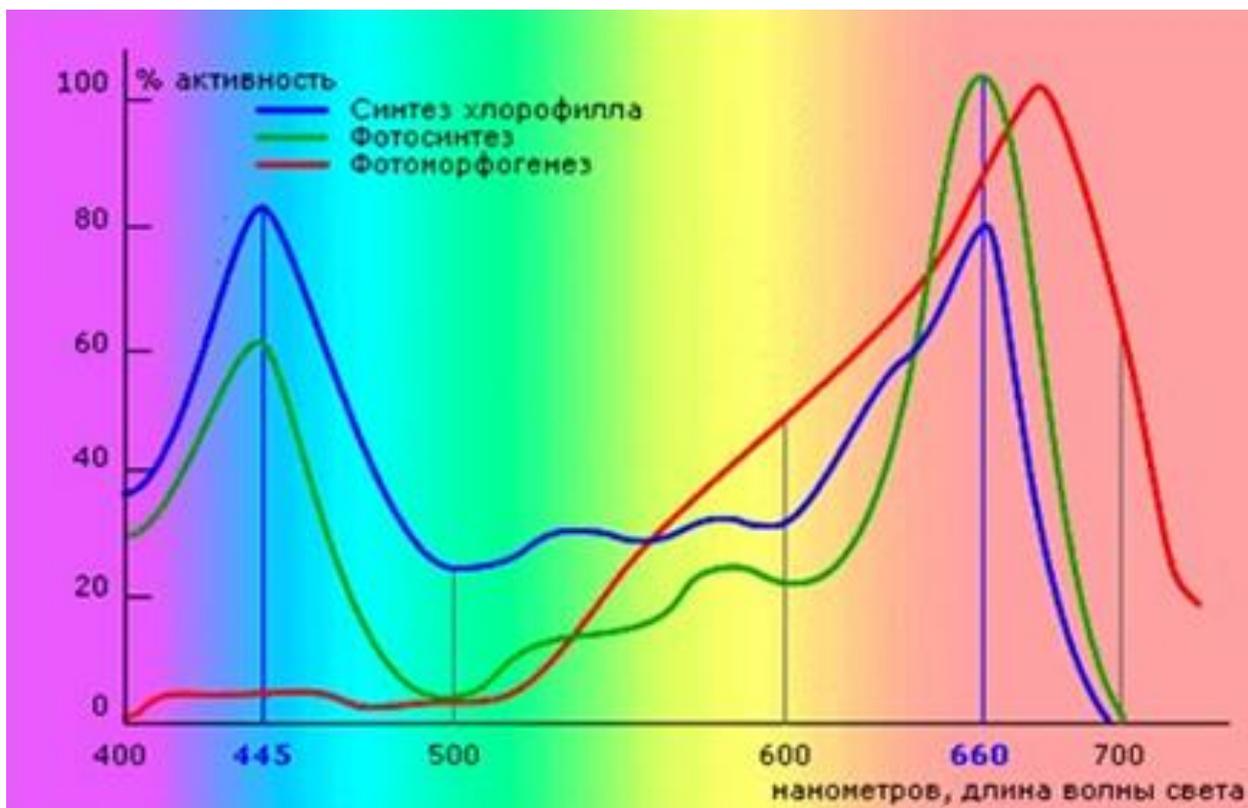


Рис. 3 Потребность растений в освещении в разных частях спектра на разных стадиях жизненного цикла (растений)

Температура и влажность воздуха также являются важными параметрами климата в культивационном помещении. Температурный режим определяют работа системы отопления и действие солнечной радиации. Влажность воздуха теплицы обуславливается интенсивностью испарения с поверхности почвы и транспирацией (испарением воды) растениями. Влажность зависит и от температуры воздуха. С увеличением температуры абсолютная влажность воздуха повышается (и наоборот). Контроль и регулировка данных параметров также могут быть включены в систему теплицы, но в данной работе рассматривается именно контроль спектра и интенсивности освещения выращиваемых культур.

## 1.2. Источники освещения, применяемые для автоматических систем управления

Оптимальный светильник для освещения теплицы должен выдавать свет в нужном спектре, при этом иметь возможность плавного регулирования интенсивности освещения.

### 1.2.1. Лампы накаливания

Лампа накаливания - искусственный источник света, в котором свет испускает *тело накала*, нагреваемое электрическим током до высокой температуры. В качестве тела накала чаще всего используется спираль из тугоплавкого металла (чаще всего — вольфрама) либо угольная нить. Чтобы исключить окисление тела накала при контакте с воздухом, его помещают в вакуумированную колбу, либо колбу, заполненную инертными газами или парами.



Рис. 4 Лампа накаливания

В лампе накаливания используется эффект нагревания тела накаливания при протекании через него электрического тока (*тепловое действие тока*). Температура тела накаливания повышается после замыкания электрической цепи. Все тела, температура которых превышает температуру абсолютного нуля, излучают электромагнитное тепловое излучение в соответствии с законом Планка. Спектральная плотность мощности излучения (Функция Планка) имеет максимум, длина волны

которого на шкале длин волн зависит от температуры. Положение максимума в спектре излучения сдвигается с повышением температуры в сторону меньших длин волн (закон смещения Вина). Для получения видимого излучения необходимо, чтобы температура излучающего тела превышала  $570\text{ }^{\circ}\text{C}$  (температура начала красного свечения, видимого человеческим глазом в темноте). Для зрения человека оптимальный, физиологически самый удобный спектральный состав видимого света отвечает излучению абсолютно чёрного тела с температурой поверхности фотосферы Солнца  $5770\text{ K}$ . Однако неизвестны твердые вещества, способные без разрушения выдержать температуру фотосферы Солнца, поэтому рабочие температуры нитей ламп накаливания лежат в пределах  $2000\text{—}2800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В телах накаливания современных ламп накаливания применяется тугоплавкий и относительно недорогой вольфрам (температура плавления  $3410\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), рений (температура плавления примерно та же, но выше прочность при пороговых температурах) и очень редко осмий (температура плавления  $3045\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому спектр ламп накаливания смещён в красную часть спектра. Только малая доля электромагнитного излучения лежит в области видимого света, основная доля приходится на инфракрасное излучение. Чем меньше температура тела накаливания, тем меньшая доля энергии, подводимой к нагреваемой проволоке, преобразуется в полезное видимое излучение, и тем более «красным» кажется излучение.

Почти вся подаваемая в лампу энергия превращается в излучение. Потери за счёт теплопроводности и конвекции малы. Человеческий глаз, однако, видит только узкий диапазон длин волн этого излучения — диапазон видимого излучения. Основная мощность потока излучения лежит в невидимом инфракрасном диапазоне и воспринимается в виде тепла. Коэффициент полезного действия (КПД) ламп накаливания (*здесь под КПД понимается отношение мощности видимого излучения к полной*

*потребляемой мощности*) достигает при температуре около 3400 К своего максимального значения 15 %. При практически достижимых температурах в 2700 К (обычная лампа на 60 Вт) световой КПД составляет около 5 %, и имеет срок службы примерно 1000 часов.

Лампы накаливания способны выдавать хорошую интенсивность освещения. Также, выделяемая тепловая энергия может способствовать обогреву теплицы, что можно использовать. Но данный тип источников освещения обладает крайне низким КПД и неудобным для освещения растений спектром излучения. Лампы накаливания излучают много красных, инфракрасных и оранжевых лучей, из-за чего стебли у растений при таком длительном воздействии ненормально вытягиваются, листья деформируются, и даже случаются ожоги и перегрев.

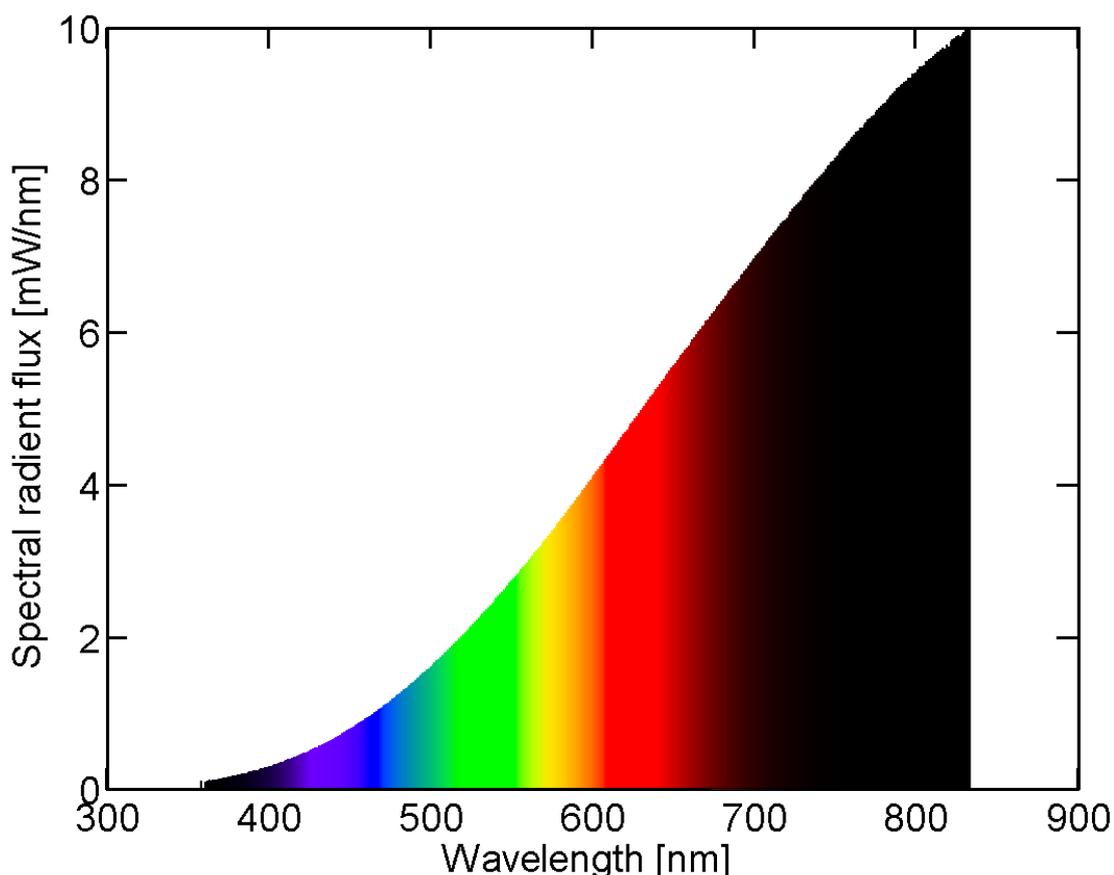


Рис. 5 Спектр лампы накаливания

### 1.2.2. Газоразрядные лампы

Газоразрядная лампа — источник света, излучающий энергию в видимом диапазоне. Физическая основа — электрический разряд в газах. В последнее время принято называть газоразрядные лампы разрядными лампами.

По источнику света, выходящего наружу и используемого человеком, газоразрядные лампы делятся на:

- люминесцентные лампы (ЛЛ), в которых в основном наружу выходит свет от покрывающего лампу слоя люминофора, возбуждаемого излучением газового разряда;
- газосветные лампы, в которых наружу выходит сам свет от газового разряда;
- *электродосветные лампы*, в которых используется свечение электродов, возбуждённых газовым разрядом.

По величине давления разрядные лампы делятся на:

- газоразрядные лампы высокого давления — ГРЛВД, подробнее см. — лампа ДРЛ.
- газоразрядные лампы низкого давления — ГРЛНД, подробнее см. — люминесцентная лампа.

Разрядные лампы обладают высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую. Эффективность измеряется отношением люмен/Ватт.



Рис. 6 Натриевая лампа

В разрядных лампах могут использоваться разные газы: пары металлов (ртути или натрия), инертные газы (неон, ксенон и другие), а также их смеси. Наибольшей эффективностью, на сегодняшний день, обладают натриевые лампы (ДНаТ), они работают в парах натрия и имеют эффективность 150 лм/Вт. Подавляющее большинство разрядных ламп — это ртутные лампы, они работают в парах ртути. Среди ртутных ламп можно упомянуть дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ). Кроме этого, широко распространены металлогалогенные лампы (МГЛ или ДРИ) — в них используется смесь паров ртути, инертных газов и галогенидов металлов. Меньше распространены безртутные разрядные лампы, содержащие инертные газы: ксеноновые лампы (ДКсТ), неоновые лампы и другие.



Рис. 7 Ртутная лампа

Разрядные источники света (газоразрядные лампы) постепенно вытесняют привычные ранее лампы накаливания, однако недостатками остаются линейчатый спектр излучения, утомляемость от мерцания света, шум пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), вредность паров ртути в случае попадания в помещение при разрушении колбы, невозможность мгновенного перезажигания для ламп высокого давления.

В недавнем прошлом для освещения теплиц в основном использовали газоразрядные лампы. Спектр натриевых ламп высокого давления ДНаТ и ДНаЗ содержит преимущественно красную составляющую, что полезно для растений в фазе плодоношения.

При этом лампы ДНаТ почти не содержат синюю составляющую спектра, поэтому в фазе рассады для подсветки применяют газоразрядные ртутные лампы ДРЛ.

Газоразрядные лампы всех типов обладают большой световой мощностью, хорошим коэффициентом рассеяния, но при этом их световая отдача значительно ниже, чем у светодиодов, и большая часть энергии уходит на нагрев, влияя на микроклимат и увеличивая потери. Подвешивать лампы ДНаТ и ДРЛ необходимо на значительную высоту, чтобы избежать ожогов. В

небольших теплицах с высокорослыми растениями их использование затруднено.

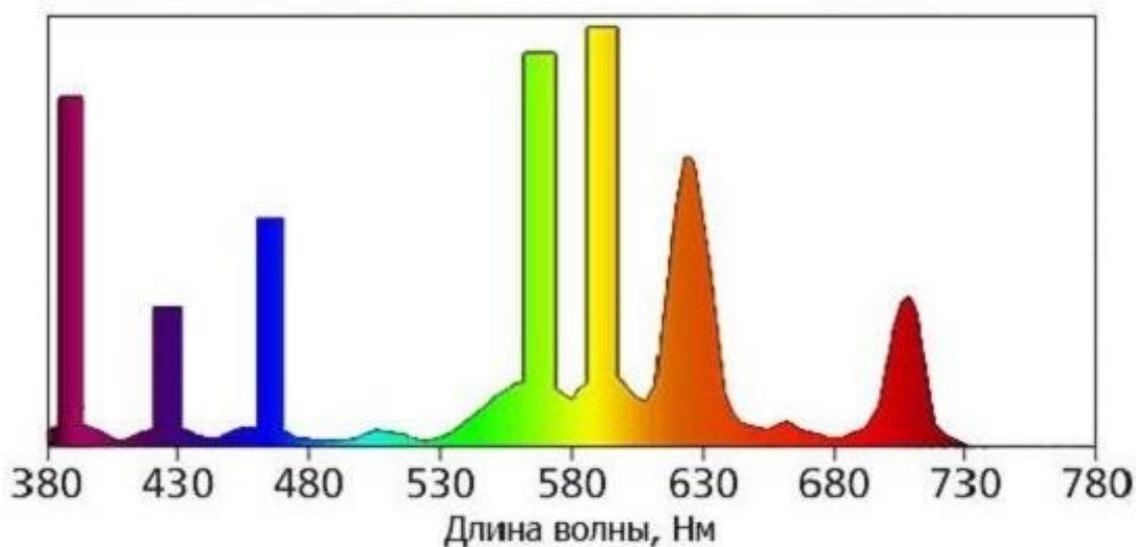


Рис. 8 Спектр ртутной лампы

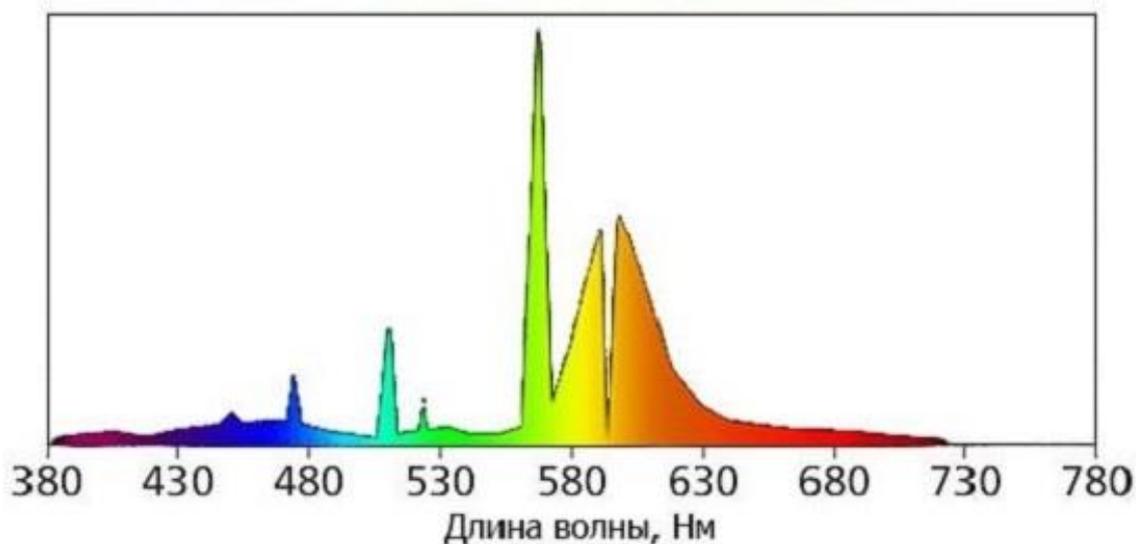


Рис. 9 Спектр натриевой лампы

### 1.2.3. Светодиодные лампы

Светодиодное освещение повсеместно используется и имеет широкий круг применения. Во всем мире цветное светодиодное освещение применяется для подсветки архитектурных достопримечательностей и зданий, имеющих историческую ценность: от телевизионной башни Си-Эн Тауэр в Торонто, Канада, до моста через Босфорский пролив в Стамбуле, Турция. В театрах, концертных залах, во время сценических представлений, в

ресторанах, в казино и различных общественных местах полноцветное светодиодное освещение идеально для создания ярких и динамических световых представлений.



Рис. 10 Светодиодная лампа

Освещение дорог и туннелей, спортивных сооружений и арен, улиц и площадей, городских ландшафтов и взлетно-посадочных полос аэропорта невозможно представить без светодиодных осветительных приборов белого света с фиксированной цветовой температурой. Светодиодные лампы бывают самых разнообразных технических спецификаций, кроме того, у них привлекательный внешний дизайн, – все это составляет большой список преимуществ, которые предоставляют светодиодные технологии в осветительные системы современного поколения. Белые светодиоды активно используются в системах общего освещения. Светодиодные световые приборы белого света находят применение в системах световых карнизов отраженного света, рабочего освещения и в потолочных светильниках, устанавливаемых в магазинах, музеях, офисах, школах, лабораториях, больницах и частных квартирах. По своей функциональности, эксплуатационным характеристикам и экономичности правильно

сконструированные светодиодные световые приборы превосходят традиционные. Перечислим их возможности:

- Создают яркое прямое освещение объектов, рабочих поверхностей и целевых зон как внутри помещений, так и на открытом воздухе.
- Обеспечивают стабильный высококачественный цветной и белый свет практически без видимых цветовых перепадов между световыми приборами.
- Пригодны для использования практически в любых системах освещения.
- Обеспечивают получение полного спектра основных цветов, а также белого света с полным набором оттенков, от теплого до холодного.
- Воспроизводят полноцветный настраиваемый белый свет для создания динамических световых эффектов с изменением цвета и крупномасштабных дисплеев, которые не могут быть реализованы с помощью традиционной светотехники.
- Обеспечивают более высокую энергоэффективность, по сравнению с традиционными системами освещения.
- Надежно излучают свет в течение многих тысяч часов – то есть когда люминесцентные лампы и лампы накаливания уже отказывают.
- Легко установить и эксплуатировать с использованием традиционных инструментов и приемов для новых и модернизируемых систем освещения.
- Обеспечивают высокую стойкость к воздействию вибрации и эффективно работают при низких температурах.
- Снижают общую стоимость владения благодаря высокой энергоэффективности, увеличенному сроку службы и минимальным затратам на обслуживание, часто с обеспечением срока окупаемости менее чем один год.

По сравнению с газоразрядными лампами, светодиодные светильники LED выдают свет в строго определенном диапазоне, что позволяет добиться максимального фотосинтеза. Пики излучения приходятся на 450 и 650 нм, что соответствует потребностям растений.

LED-светильники для освещения теплиц обладают рядом преимуществ:

- хорошие показатели световой мощности;
- подходящий для растений спектр и возможность его регулирования;
- отсутствие нагрева и влияния на микроклимат в теплице;
- простое подключение к сети;
- малый расход электроэнергии;
- экологичность – не требуется специальная утилизация;
- ремонтпригодность – сгоревшие элементы можно заменить;
- длительный срок службы – до 100000 часов.

Недостатки светодиодных светильников:

- высокая цена;
- направленное излучение, для большой площади требуется много точек освещения.

Благодаря низкому нагреву лицевой части, светильники LED можно размещать на любом расстоянии от растений, не рискуя их обжечь. За счет этого можно существенно сократить площадь теплицы для рассады и низкорослых культур, выращивая их на многоярусных стеллажах.

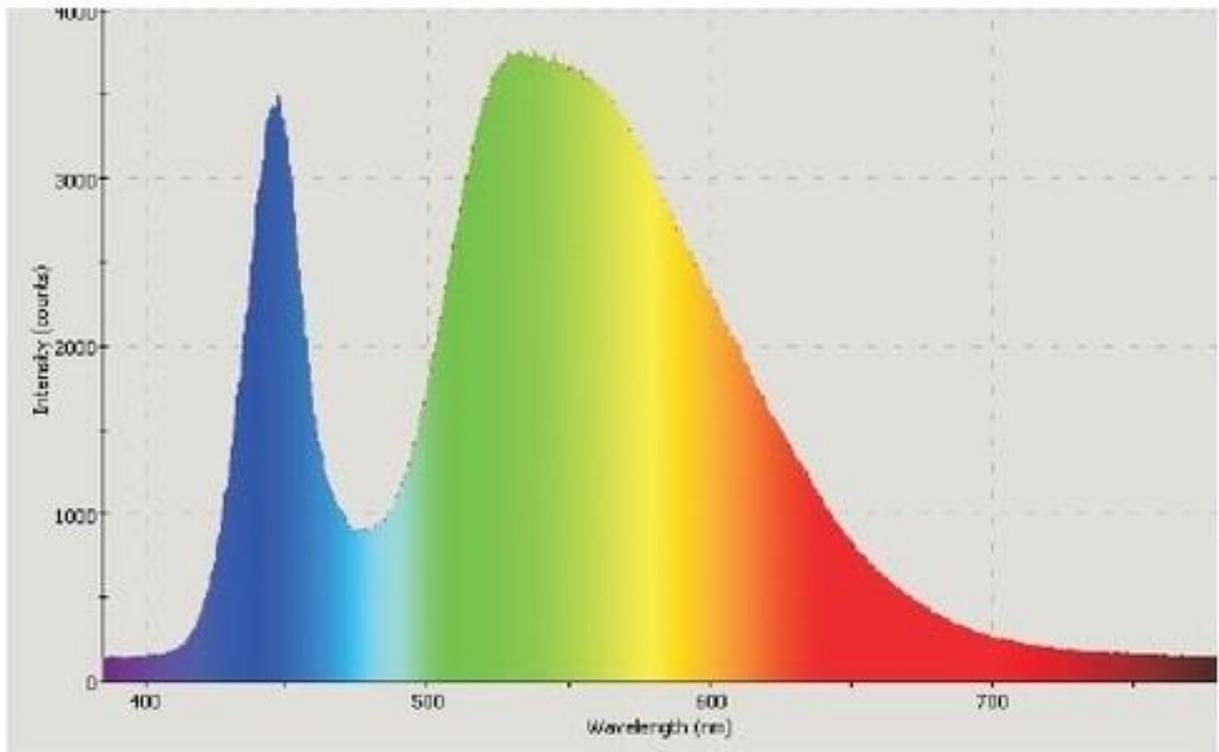


Рис. 11 Спектр белого светодиода

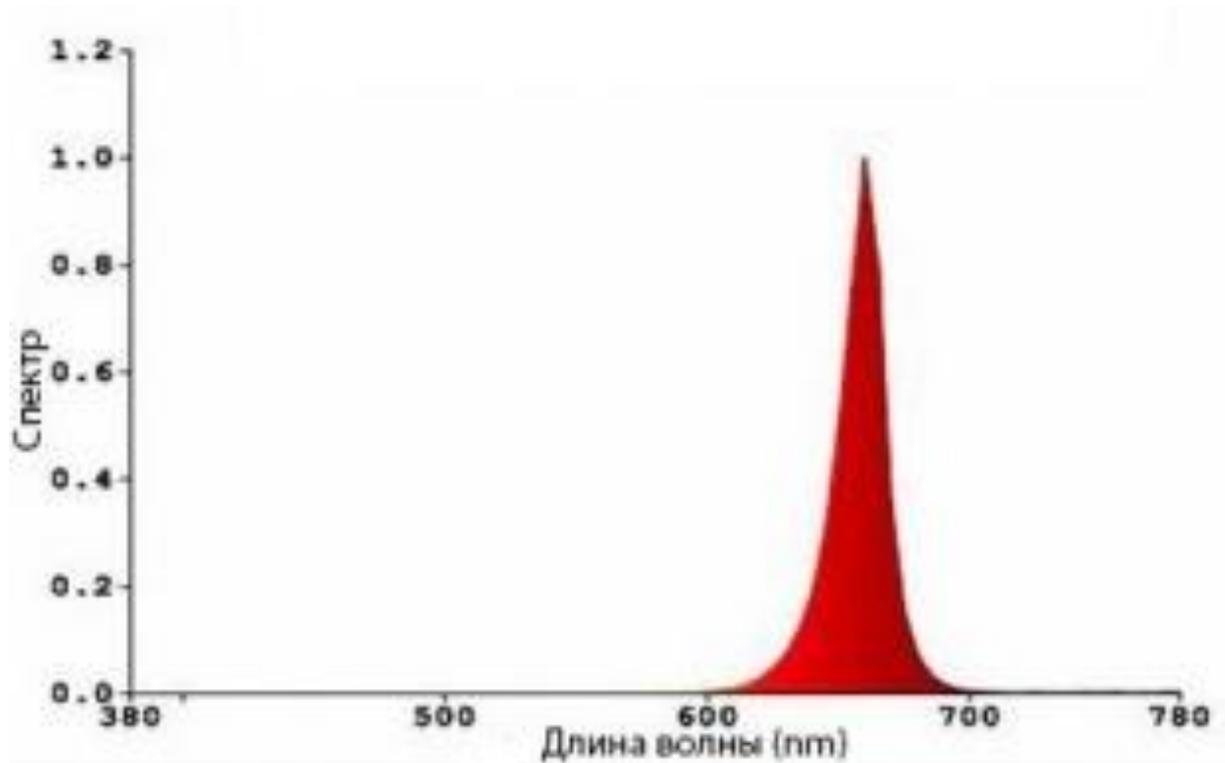


Рис. 12 Спектр красного светодиода

### **1.3. Методы регулирования автоматических систем управления**

Необходимо подобрать оптимальный метод регулирования освещения, способный обеспечить управление достаточным количеством источников освещения без потери качества управляющего сигнала.

#### **1.3.1. Аналоговое управление 0 – 10 В**

Стандарт 0–10В (также известен под кодом E 1.3) является одним из самых первых и простых протоколов управления освещением. Он был разработан в 2001 г. рабочей группой международной ассоциации ESTA (Entertainment Services & Technology Association), объединяющей производителей технологий и оборудования для индустрии развлечений, и аккредитованной при Американском национальном институте стандартов ANSI (American National Standards Institute).

Используя доступные на тот момент технологии, управлять светом можно было за счет изменения напряжения в самом распространенном диапазоне – от 0 до 10 В, где параметр 0В означал, что свет выключен, а 10В – 100% яркость. По сути, данный интерфейс представляет собой одностороннюю связь между осветительным устройством и диммером.

Встречаются диммеры 1-10В, где минимальный параметр напряжения означает минимальную яркость, а для выключения света необходимо разорвать цепь 220В, для чего регулятор дополнительно снабжают кнопкой выключения.

Главные преимущества аналогового интерфейса: простота и легкость в реализации, низкая стоимость и возможность использовать управляющий провод любого типа, но экранированный во избежание помех от силового кабеля.

Для каждого канала требуется один кабель и один общий обратный провод. Для управления большим количеством светильников требуется соответствующее количество линий и кабелей, что делает такую систему

управления светом громоздкой и дорогостоящей. Также для аналогового стандарта характерна нестабильность при передаче сигнала на большие расстояния. Во-первых, при падении напряжения необходима компенсация потери со стороны принимающего устройства. Во-вторых, высока вероятность нежелательного воздействия каналов друг на друга. Помехи от силовых кабелей влияют на сигнал по управляющему проводу, что может вызвать мерцание осветительных приборов.

В свое время аналоговый стандарт 0–10В применяли для управления в торговом и промышленном освещении многие производители драйверов и балластов, среди которых Philips, GE, Osram. В современном мире он имеет право на существование и чаще используется в простых системах освещения или в комбинированных в качестве базового уровня. На смену ему пришли цифровые протоколы, позволяющие раскрыть весь потенциал и возможности управления современным освещением.

Достоинством этого метода является простота выполнения. Требуются всего две линии: внешний управляющий сигнал и общий обратный провод. Управляющий ток обычно находится в пределах 1...4 мА.

Драйверы светодиодов с аналоговым принципом управления освещенностью на 0–10 В применяются повсеместно. Тем не менее, данный метод управления не обеспечивает достаточной стабильности и не позволяет получать данные с сетевого контроллера.

Недостатком аналогового подхода при управлении десятками и тем более сотнями осветительных приборов является большое количество линий управления, что делает данный метод неприменимым для сложных систем с несколькими сотнями осветительных приборов. Система становится слишком дорогой. Кроме того, в ней затруднительно проводить диагностику и устранять неисправности.

Второй недостаток связан с затуханием сигнала на длинных линиях. Сигнал, принятый источником света, может оказаться слабее исходного, что

приведет к более тусклому освещению или неравномерности излучения в системах с несколькими осветительными приборами. Кроме того, аналоговый сигнал подвержен внешним помехам, шумам и перебоям на линии заземления, особенно при передаче на большие расстояния, что характерно для осветительных систем в теплицах. Оптимальная область применения аналогового диммирования это управления одним – двумя светильниками в пределах небольшого помещения.

### **1.3.2. DMX512**

Протокол передачи данных DMX512 был разработан комитетом USITT в 1986 году, как средство управления интеллектуальными световыми приборами с различных консолей через единый интерфейс, позволяя объединять различные устройства управления (пульта и т. д.) с всевозможными оконечными устройствами (диммерами, прожекторами, стробоскопами, дымовыми машинами и т.д.) от разных производителей. Он создан на основе стандартного промышленного интерфейса EIA/TIA-485 (известного как RS-485), который используется для компьютерного управления промышленными контроллерами, роботами и автоматизированными станками. Для передачи данных используется кабель с всего двумя проводами в общем экране с пятиконтактным разъёмом XLR. Хотя спецификацией интерфейса предусмотрено использование пятиконтактного разъема, это избыточно и большая часть совместимого оборудования использует трехконтактный разъем. Практическое удобство пятиконтактного XLR заключается в невозможности случайно подать сигнал DMX в на вход звукоусиливающей аппаратуры (стандартная чувствительность которой около 1 V, DMX-сигнал может сжечь входные каскады усилителя/звукового пульта). Для перехода с одного типа разъема на другой, используются переходники, имеющиеся в арсенале любого светотехника.

Стандарт DMX512 позволяет управлять по одной линии связи одновременно 512 каналами, (не путать каналы с приборами, один прибор может использовать иногда несколько десятков каналов). Несколько (обычно чётное число) работающих одновременно аппаратов, поддерживающих DMX512, позволяют создавать световые картины и элементы оформления самой различной сложности, как внутри помещений, так и снаружи. По одному каналу передаётся один параметр прибора, например в какой цвет окрасить луч, какой рисунок (гоботрафарет) выбрать, или на какой угол повернуть зеркало по горизонтали в данный момент, то есть куда будет попадать луч. Каждый прибор имеет определённое количество управляемых дистанционно параметров и занимает соответствующее количество каналов в пространстве DMX512.

Протокол DMX512 имеет ряд преимуществ и недостатков, но он получил большое распространение и сейчас де-факто является основным стандартом для большинства светотехнических систем. Он отличается простотой, привлекательной для производителей устройств, поддерживающих этот стандарт, и универсальностью при его использовании, что положительно оценивается конечным пользователем.

Интерфейс DMX512 с лёгкостью бы решил задачу управления освещения теплицы, однако его возможности слишком избыточны для решения такой задачи. Сложность его реализации, дороговизна оборудования (стоимость контроллера может достигать сотен тысяч рублей) и сравнительная редкость светодиодных балластов диммируемых интерфейсом DMX512 делает его использование неприемлемым. Наиболее логичной областью использования этого стандарта является постановка сцен, а не стационарное освещение.

### **1.3.3. ШИМ**

Основной причиной применения ШИМ является стремление к повышению КПД при построении вторичных источников

питания электронной аппаратуры и в других узлах, например, ШИМ используется для регулировки яркости подсветки LCD-мониторов и дисплеев в телефонах, КПК и т.п..

ШИМ-сигнал генерируется аналоговым компаратором, на один вход которого подаётся вспомогательный опорный пилообразный или треугольный сигнал, значительно большей частоты, чем частота модулирующего сигнала, а на другой — модулирующий непрерывный аналоговый сигнал. Частота повторения выходных импульсов ШИМ равна частоте пилообразного или треугольного напряжения. В ту часть периода пилообразного напряжения, когда сигнал на инвертирующем входе компаратора выше сигнала на неинвертирующем входе, куда подается модулирующий сигнал, на выходе получается отрицательное напряжение, в другой части периода, когда сигнал на инвертирующем входе компаратора ниже сигнала на неинвертирующем входе — будет положительное напряжение.

При использовании ШИМ регулирования, энергия от источника к нагрузке подаётся импульсами, шириной которых и определяется количество энергии от минимальной, когда импульсов нет (или они очень малы по длительности) до максимальной, когда импульсы сливаются или паузы между ними минимально короткие. Во втором случае используется как ШИМ-регулирование, так и регулирование тока. Рассмотрим оба. Белый светодиод имеет такой недостаток, как зависимость цветового оттенка от тока, протекающего через него (от яркости). Так при снижении тока ниже номинального светодиод «желтеет», а при повышении — «синеет». Это связано с тем, что полупроводниковый кристалл в белом светодиоде излучает синий (чаще всего) свет, а нанесённый на него люминофор преобразовывает часть его в другие цвета от красного до зелёного. В итоге, на выходе из диода часть синего света от кристалла смешивается со светом от люминофора в правильных пропорциях в белый свет заданной цветовой температуры. При регулировании количества света от кристалла эти пропорции нарушаются.

Таким образом, при регулировании освещения изменением тока через светодиоды, кроме изменения количества света, получается и сопутствующее изменение цвета. При регулировании света ШИМ, то есть подачей на светодиоды часто повторяющихся импульсов постоянной амплитуды (но регулируемой ширины) светодиод работает на номинальном токе, но меньшее время и цветового сдвига нет. Следует заметить, что этот метод диммирования при таком явном преимуществе и в некоторых случаях при большей простоте реализации имеет и недостаток - стробоскопический эффект. Однако при частотах модуляции свыше 1 КГц стробоскопическим эффектом можно пренебречь и для целей проекта это не является существенной проблемой.

#### **1.3.4. DALI**

Стандартный цифровой протокол управления освещением с помощью таких устройств, как электронные балласты (для люминесцентного света) и диммеры (для ламп накаливания). Протокол DALI был разработан на замену широко используемому аналоговому протоколу «1-10В» и в конкуренцию открытому стандарту для закрытого цифрового Digital Signal Interface.

Любое оборудование, поддерживающее интерфейс DALI, может независимо связываться с шиной DALI. DALI контроллеры могут запрашивать состояние и диктовать команды каждому прибору, используя двунаправленный обмен данными. В качестве автономной системы, в одной DALI линии могут работать до 64 независимых устройств. Количество адресов в системе можно увеличить до 12800, используя DALI роутеры (объединив вместе до 200 DALI линий). Также DALI линия может быть использована в качестве части другой системы умного дома, подключаясь к ней через DALI шлюзы.

На физическом уровне DALI представляет собой двухпроводную шину, которую можно прокладывать вместе с силовыми линиями, в том числе

внутри одного кабеля, например, может быть использован стандартный 5-жильный кабель марки NYM в неметаллической оплетке. DALI не является системой безопасного сверхнизкого напряжения (SELV). Рабочее напряжение шины лежит в диапазоне 9.5-22.5В, обычно 16В, ток не должен превышать 250мА. Шина DALI требует подключение источника питания 16В постоянного тока. При подключении устройств DALI нет необходимости соблюдать полярность. Допускается любая смешанная топология сети, но без закольцовывания, не требуется наличие терминаторов на концах линии. Скорость передачи данных по шине 1200 бит/сек. Длина кабеля зависит от падения напряжения вдоль линии DALI, которое не должно превышать 2В. Максимальная длина кабеля 300 м при площади сечения 1.5 мм<sup>2</sup>, 100—150 м при площади 0.75мм<sup>2</sup>, до 100 м при площади сечения 0.5мм<sup>2</sup>, сопротивление контактов также должно быть принято во внимание.

В отличие от систем с управлением по сигналу 0-10В на цифровую шину DALI не оказывают существенного влияния аналоговые помехи из-за высокой амплитуды полезного сигнала, что важно для точного поддержания требуемого уровня мощности светильника. Не требуется дополнительное реле, управляющее включением светильника, так как полное управление осуществляется по цифровой шине, что снижает конечную стоимость системы. Устройства DALI делятся на контроллеры (ведущие) и подчиненные (ведомые). Только контроллеры инициируют обмен по сети, подчиненные устройства отвечают на запросы контроллеров. Одновременно могут быть подключены 64 подчиненных устройства (балласты, драйверы), этот предел не включает контроллеры DALI (переключатели, датчики), устройства подключаются к шине параллельно. Сеть может быть мультимастерной с несколькими контроллерами.

Для управления в DALI используются три типа адресации — широковещательная, групповая и индивидуальная. Кроме того контроллер

может получать от устройств разнообразную диагностическую информацию, например, сведения о неисправных светильниках.

#### 1.4. Примеры существующих контроллеров управления автоматическими системами освещения

На данный момент существует ряд готовых решений контроллеров DALI.

##### 1.4.1. Программируемый контроллер освещения LDALI-PLC4 от LOYTEC



Рис. 13 Контроллер LDALI-PLC4

Таблица 1 - Основные технические характеристики контроллера LDALI-PLC4

Размеры (мм)	159 x 100 x 75 (Д x Ш x В), DIM006
Входное напряжение	85-240 V AC, 50/ 60 Hz

Монтаж	DIN-рейка 43880, EN 50022
Каналы DALI	4
Интерфейсы	<p>2x Ethernet (100Base-T): OPC XML-DA, OPC UA, LonMark</p> <p>IP-852, BACnet/IP*, LIOB-IP, KNXnet/IP, Modbus TCP (Master or Slave), HTTP, FTP, SSH, HTTPS, Firewall, VNC, SNMP</p> <p>1x RS-485 (ANSI TIA/EIA-485): BACnet MS/TP* или Modbus RTU (только L-STAT)</p> <p>2x USB-A: WLAN (требуется LWLAN-800), EnOcean (требуется LENO-80x), SMI (требуется LSMI-804)</p> <p>* Либо BACnet/IP, либо BACnet MS/TP</p>
Пыле- и влагозащита	IP40 (корпус), IP20 (клеммы)
Требования к отк. среде	0...50 °C, 10-90% отн. вл., без конденсации

#### Подробное описание

#### Встроенный или внешний источник питания DALI

Контроллеру LDALI-PLC4 требуется внешний источник питания DALI для питания шины DALI. Источник питания может быть рассчитан как на один, так и до четырех каналов DALI.

#### Сетевой интерфейс DALI

Контроллер LDALI-PLC4 оснащен 4-мя независимыми DALI каналами. Индивидуально или посредством 16 групп можно контролировать до 64 DALI-светильников на канал DALI. Все светильники контролируются на предмет выхода из строя лампы или балласта. Контроллер представляет собой устройство DALI-Мастер в сети DALI, который может взаимодействовать с выбранными мультисенсорами DALI в режиме Мульти-мастера.

## Локальное управление и Приоритеты

Контроллер L-DALI поставляется со встроенным LCD-дисплеем (128x64) с подсветкой и элементом управления “jog dial” для локального или приоритетного управления. Благодаря локальному управлению, текущие задачи обслуживания (замена устройств DALI, режим прожига и пр.) могут быть выполнены без какого-либо дополнительного ПО.

## Свободно-программируемый

Контроллер LDALI-PLC4 можно запрограммировать при помощи ПО L-STUDIO. Программируется в соответствии с IEC 61499 для интеграции с Системой L-ROC и IEC 61131 для одиночного использования. Доступна библиотека стандартных функций управления освещением и жалюзи. Поддерживаются различные стратегии управления освещением, основанные на определении присутствия или уровне освещенности. Всего несколькими параметрами можно сконфигурировать систему, подходящую практически для любого варианта использования. Также возможно расширение функционала по желанию пользователя.

## Коммуникационные возможности

Контроллер LDALI-PLC4 обеспечивает возможность одновременной интеграции устройств из сетей CEA-709 (LonMark Системы), BACnet, KNX и Modbus.

LonMark Системы можно интегрировать через встроенный интерфейс IP-852 (Ethernet/ IP).

Интеграция BACnet возможна по BACnet/ IP (Ethernet/ IP) или BACnet MS/TP (RS-485), а KNXnet/ IP и Modbus TCP посредством Ethernet/ IP.

Функционал шлюза позволяет осуществлять обмен данными между различными технологиями автоматизации, при условии возможности подключения их к устройству.

Сопоставление переменных из различных технологий автоматизации на одном устройстве реализуется с помощью Локальных Соединений.

Сопоставление же переменных из различных технологий автоматизации на

распределенных устройствах происходит благодаря Глобальным Соединениям.

Каждый LDALI-PLC4 оснащен двумя Ethernet-портами, которые могут быть легко сконфигурированы либо как внутренний свитч, для взаимодействия портов, либо как независимые порты для работы с отдельными IP сетями. Когда Ethernet порты сконфигурированы для работы с двумя независимыми IP сетями, один порт, к примеру, может быть подключен к WAN (Wide Area Network) с поддержкой сетевой безопасности (HTTPS), в то время как второй порт может быть сконфигурирован для подключения к незащищенной сети (LAN) с протоколами автоматизации BACnet/IP, LON/IP или Modbus TCP. Эти устройства также обладают функциональностью брандмауэра, чтобы разграничить отдельные протоколы или службы между портами. Используя порты в режиме свитча, можно построить шлейф из максимум 20 устройств, что сократит затраты на монтаж. Такая конфигурация также позволяет создать сеть с избыточностью (топология кольцо), что повышает надежность.

Ethernet топология с избыточностью возможна благодаря протоколу Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), который поддерживается большинством управляемых коммутаторов. Контроллеры LDALI-PLC4 предоставляют полнофункциональный доступ к функциям AST™ (Менеджеры Аварий, Расписаний и Трендов) и могут быть интегрированы в Систему L-WEB.

Конфигурация устройств через ПО или Web-интерфейс

Конфигурация устройств, ввод в эксплуатацию, а также их параметризация осуществляется как с помощью ПО, так и через встроенный веб-сервер.

EnOcean, SMI и LIOB/ IP

Датчики и кнопки EnOcean могут быть интегрированы с помощью опционального интерфейса L-ENO EnOcean. Для управления жалюзи предусмотрен дополнительный модуль расширения LSMI-804, позволяющий

интегрировать до 4 SMI каналов. Физические входы/выходы интегрируются посредством модулей L-IOB I/O через LIOB-IP.

Цена: 182052.26 рублей

#### 1.4.2. Контроллер DALI-Logic-PS-x4 (230В, Ethernet)



Рис. 14 Контроллер DALI-Logic-PS-x4

Таблица 2 - Основные технические характеристики контроллера DALI-Logic-PS-x4

Напряжение питания	AC 100-240 В
Потребляемая от сети мощность, не более	28 Вт
Количество шин DALI	4
Количество адресов на каждой шине	64
Выходной ток питания шины	4x240 мА
Степень защиты от внешних воздействий	IP20
Температура окружающего воздуха	-30...+60 <sup>0</sup> С
Габаритные размеры	159x110x59 мм

## Основные сведения

Логические контроллеры DALI-Logic-PS-x4 предназначены для управления освещением в системах, использующих протокол DALI.

Позволяют настраивать оборудование DALI и управлять устройствами в 4 шинах DALI.

Обеспечивают контроль событий, обработку логических функций, работу по таймеру и расписанию.

Способны по событиям в одной шине DALI посылать команды в другую шину.

Позволяют создавать различные сценарии управления при помощи скриптов, созданных пользователем.

Часы реального времени с питанием от встроенной батареи. Синхронизация работы встроенных часов с часами ПК и серверами точного времени.

Поддержка DHCP.

Возможность объединения нескольких логических контроллеров в одну систему.

Настройка логического контроллера и всего оборудования DALI выполняется с помощью персонального компьютера на базе ОС Windows. После настройки логический контроллер может работать автономно.

Позволяют управлять оборудованием DALI с мобильных устройств на базе ОС Android.

Соответствуют стандарту IEC 62386 и совместимы с оборудованием DALI различных производителей.

Поддерживают работу с оборудованием DALI-2 и устройствами DT8.

Имеют API для систем высшего уровня (SCADA) по протоколу ModBus TCP или Artilect.

Контроллер DALI-Logic-Ps-x4 обеспечивает питание на шинах DALI.

Монтаж на DIN-рейку.

Цена: 123025 рублей

### 1.4.3. DALI-Logic-x4 (230В, Ethernet)



Рис. 15 Контроллер DALI-Logic-x4

Таблица 3 - Основные технические характеристики контроллера DALI-Logic-x4

Напряжение питания	AC 100-240 В
Потребляемая от сети мощность, не более	5 Вт
Количество шин DALI	4
Количество адресов на каждой шине	64

Выходной ток питания шины	Нет
Степень защиты от внешних воздействий	IP20
Температура окружающего воздуха	-30...+60 <sup>0</sup> C
Габаритные размеры	145x90x40 мм

### Основные сведения

Логические контроллеры DALI-Logic-x4 предназначены для управления освещением в системах, использующих протокол DALI.

Позволяют настраивать оборудование DALI и управлять устройствами в 4 шинах DALI.

Обеспечивают контроль событий, обработку логических функций, работу по таймеру и расписанию.

Способны по событиям в одной шине DALI посылать команды в другую шину.

Позволяют создавать различные сценарии управления при помощи скриптов, созданных пользователем.

Часы реального времени с питанием от встроенной батареи. Синхронизация работы встроенных часов с часами ПК и серверами точного времени.

Поддержка DHCP.

Возможность объединения нескольких логических контроллеров в одну систему.

Настройка логического контроллера и всего оборудования DALI выполняется с помощью персонального компьютера на базе ОС Windows. После настройки логический контроллер может работать автономно.

Позволяют управлять оборудованием DALI с мобильных устройств на базе ОС Android.

Соответствуют стандарту IEC 62386 и совместимы с оборудованием DALI различных производителей.

Поддерживают работу с оборудованием DALI-2 и устройствами DT8.

Имеют API для систем высшего уровня (SCADA) по протоколу ModBus TCP или Artilect.

Контроллер DALI-Logic-x4 обеспечивает питание на шинах DALI.

Монтаж на DIN-рейку.

Цена: 107419 рублей

## **2. Разработка автоматизированной системы управления**

Разрабатываемая система автоматизированного освещения является гибридной и использует протокол DALI и ШИМ диммирование. Система осуществляет контроль интенсивности освещения в белом и красном спектрах. Необходимая интенсивность определяется заранее заданным алгоритмом, разработанным для выращиваемой культуры.

### **2.1. Разработка структурной схемы системы**

Структурная схема представлена в приложении 2.

DALI master module – контроллер DALI. Осуществляет передачу сигнала на преобразователи DALI-ШИМ. На каждую линию дали может быть заведено до 64 независимых устройств.

DALI>PWM – преобразователь DALI – ШИМ. Осуществляет передачу ШИМ-сигнала на драйвера светодиодных светильников которые могут быть соединены последовательно до 20 штук.

LED DRIVER – драйвер светодиодных светильников. Осуществляет непосредственное диммирование светодиодных светильников.

Solar radiation sensor – датчик естественного солнечного освещения. Осуществляет контроль интенсивности и спектра естественного излучения для корректировки искусственного освещения.

Всего подобная система может обслуживать до 64 групп светодиодных драйверов по 20 шт. в группе. Это соответствует или 1280 одноцветным светильникам или 640 двухцветным светильникам, в которых установлено по 2 драйвера. При необходимости количество светильников в одной ШИМ-группе может быть увеличено в разы при использовании усилителей ШИМ-сигнала.

## 2.2. Подбор компонентов системы

В данном пункте осуществляется подбор компонентов автоматической системы управления освещением теплицы.

### 2.2.1. Подбор компонентов общей системы исключая контроллер DALI.

В качестве преобразователя DALI-ШИМ был выбран преобразователь DAP-04.



Рис. 16 Внешний вид преобразователя DALI - ШИМ DAP-04.

### Технические характеристики:

- Входное напряжение: 90...305 В AC
- Преобразование сигнала DALI в ШИМ-сигнал
- Подключение кнопки-диммера
- 4 независимых выходных канала
- Возможность выбора активного уровня ШИМ: высокий или низкий
- Диапазон диммирования: 1...100%
- Класс изоляции: Class II (без входа земли)
- Потребление: <0,5 Вт
- Встроенное реле для включения/отключения драйвера светодиода
- Корпус из несгораемого материала по UL 94V-0 с защитой IP20
- Рабочая температура: -30...+60°C

### Стандартные функции:

- Соответствие требованиям стандарта DALI: IEC62386-101, 102, 207
- Сертификаты: EN61347-1, EN61347-2-11, EN61058-1

В качестве драйвера светодиодных светильников был выбран драйвер «ИПС80-700ТУ IP67 1202», обладающий следующими параметрами:

- Герметичность: IP67
- Выходная мощность (Вт): 80
- Выходное напряжение (В): 60-114
- Выходной ток (мА): 700
- Тип корпуса: Металл
- Особенность: грозозащита (3 класс испытаний 5кВ), термозащита, защита от кратковременного подключения к сети 380
- 



Рис. 17 Внешний вид драйвера «ИПС80-700ТУ IP67 1202»

В качестве датчика естественного солнечного освещения был выбран SLO320 со следующими техническими характеристиками:

Диапазон

Переключатель: 0-400 lx. . . . . 0-400 lx

Перемычка: 0-20 клх. . . . . 0-20 клх  
 Сигнал на выходе. . . . . 4-20 мА или 0-10 V  
 Материалы Корпус. . . . . полиамидный пластик  
 Степень защиты. . . . . IP 65  
 Вес. . . . . 100 г (включая упаковку)  
 Потребл. мощность. . . . . 24 Vac +/- 10%. 15-36 Vdc  
 Погрешность. . . . . +/- 5% при 25° C  
 Длина волны при макс. чувствит.. . . . . 600 nm (станд. свет  
 А/2854К темп. цвета)  
 Температурная зависимость. . . . . +/- 5% при  
 температуре 25°С и UG = 24 V  
 Сопротивление нагрузки. . . . . > 50 кОм  
 Потребление тока. . . . . стандартное  
 Диапазон 0-400 лх. . . . . 8 мА  
 Диапазон 0-20 клх. . . . . 13 мА  
 Допустимая температура. . . . . от -20° C до 70° C  
 Соответствие стандартам: EMC. . . . . EN  
 50081-1, EN 50082-1



Рис. 18 датчик освещенности наружный LSO320

Разработка контроллера DALI является одной из задач данной ВКР.

Разработкой светодиодных светильников занимается НИИПП.

### **2.2.2. Подбор компонентов контроллера DALI**

Полный перечень компонентов контроллера DALI представлен в приложении 5.

Центральный процессор STM32F103VBT6:

- Ядро: ARM 32-bit Cortex-M3 CPU
- от 32 до 128 кбайт flash-памяти
- от 6 до 20 кбайт SRAM
- от 2.0 до 3.6 В напряжения на I/O
- кварцевый осциллятор с частотой от 4 до 16 МГц

Источник опорного напряжения REF3025AIDBZT:

- Падение напряжения: 1 мВ;
- Выходной ток: 25 мА;
- Точность: 0.2%;
- Температурный дрейф: 50 ppm/°C от 0°C до 70°C; 75 ppm/°C от -40°C до 125°C.

Контроллер напряжения TPS3823-33DBVR:

- Диапазон контроля напряжения питания: 2.5 В, 3 В, 3.3 В, 5 В;
- Ток питания: от 15 мкА
- 5 пинов на корпусе SOT-23
- Диапазон рабочих температур: от - 40°C до 85°C.

Приемопередатчик ADM2483:

- Совместим с ANSI TIA/EIA RS-485-A-1998 и ISO 8482:1987 (E)4;
- Скорость передачи данных: 500 кбайт/с;
- Входной ток: 2.5 мА
- Подходит для работы с напряжением 5 или 3 В;
- 256 выводов на шине;
- Диапазон рабочих температур: от - 40°C до 85°C.

#### Силовое реле PVX6012:

- Вывод IGBT и HEXFRED;
- Работа без дребезга контактов;
- Изоляция входа/выхода: 3.750 В
- Минимальный ток контроля: 5 мА;
- Рабочее напряжение: 0-280 В для переменного тока; 0-400 для постоянного тока.

#### Оптрон TLP181:

- Напряжение коллектор-эмиттер: 80 В;
- Напряжение эмиттер-коллектор: 7 В
- Коэффициент передачи: 50% - минимум; 100% - максимум;
- Напряжение изоляции: 3750 В
- Диапазон рабочих температур: от - 25<sup>0</sup>С до 85<sup>0</sup>С.

#### Дифференциальный усилитель AMC1200BDUB:

- Оптимизированный диапазон напряжений для шунтирующих резисторов: ±250 мВ;
- Нелинейность: 0.075% при напряжении 5 В;
- Смещение ошибки: 1.5 мВ максимум;
- Шум: 3.1 мВ;
- Входная пропускная способность: 60 кГц;
- Фиксированное усиление: 8
- Диапазон рабочих температур: от - 40<sup>0</sup>С до 105<sup>0</sup>С.

#### Модуль Wi-Fi SPWF01SA:

- Передатчик IEEE 802.11 b/g/n/ с частотой 2.4 ГГц;
- 64 кбайт оперативной памяти;
- 512 кбайт flash-памяти;
- Встроенный протокол TCP/IP (8 одновременных TCP или UDP клиентов на 1 разъем сервера).

#### EEPROM M24C64-RMN6TP:

- Напряжение питания: от 4.5 до 5.5 В
- Диапазон рабочих температур: от - 40<sup>0</sup>С до 85<sup>0</sup>С.

Опторазвязка N11L1:

- Время переключения: менее 4 мкс;
- Скорость передачи данных: 1 МГц;
- Напряжение питания: от 3 до 16 В;
- Выходной ток: 50 мА;
- Диапазон рабочих температур: от - 40<sup>0</sup>С до 105<sup>0</sup>С.

Преобразователь RS-485 в USB FT232RL:

- Напряжение питания: от 3.3 до 5.25 В;
- Частота выходного сигнала: 6, 12, 24 или 48 МГц;
- Диапазон рабочих температур: от - 40<sup>0</sup>С до 85<sup>0</sup>С.

Преобразователь AC/DC NFM-10-5:

- Выходная мощность: 10 Вт;
- Выход: 5 В;
- Напряжение 1 канала: от 4.5 до 5.5 В;
- Выходной ток 1 канала: от 0 до 2 А;
- Вход: 110/220 В;
- Диапазон рабочих температур: от - 20<sup>0</sup>С до 70<sup>0</sup>С.

Преобразователь AC/DC TDN 5-0910WISM:

- Выходное напряжение: 3.3 В;
- Максимальный выходной ток: 1000 мА;
- Диапазон рабочих температур: от - 40<sup>0</sup>С до 75<sup>0</sup>С.

### **2.3. Разработка структурной и электрической принципиальной схем контроллера DALI**

Структурная схема контроллера DALI представлена на рис. 19

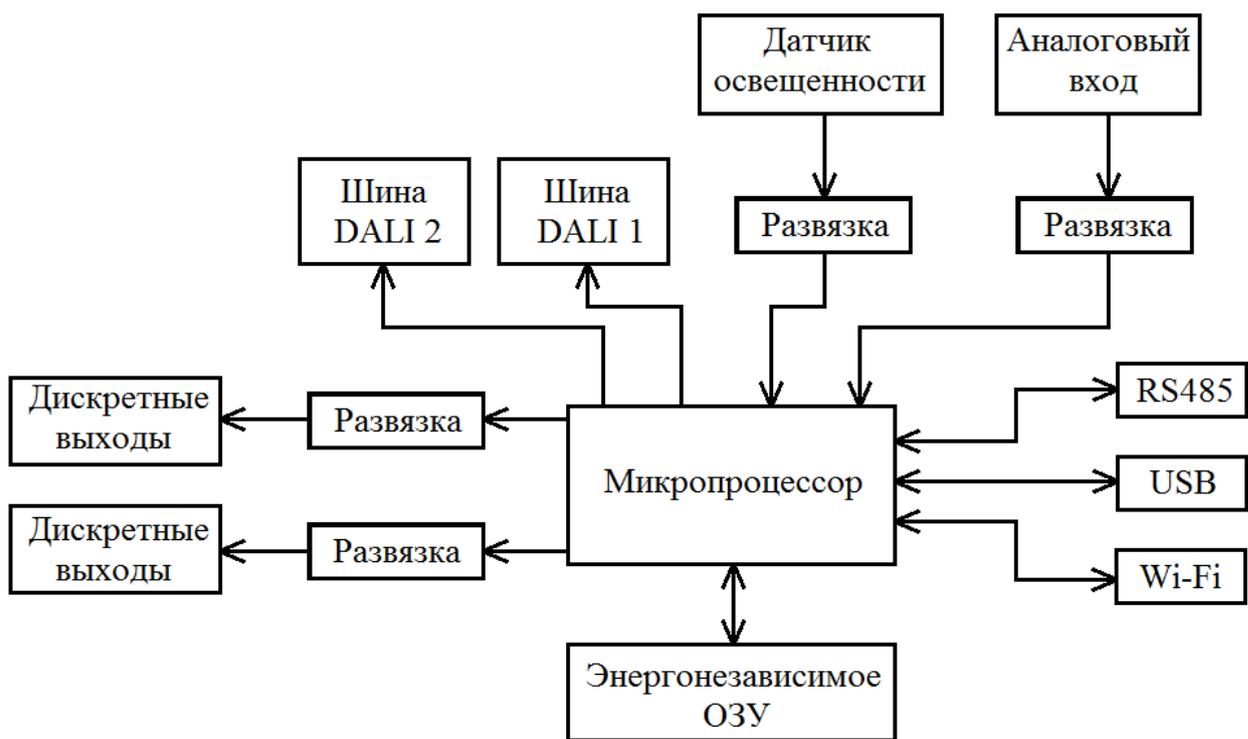


Рис. 19 Структурная схема контроллера DALI

Микропроцессор – осуществляет контроль и управление освещением теплицы;

Развязка – необходима для согласования сигналов микропроцессора и периферии;

Датчик освещенности – осуществляет измерение интенсивности и спектра естественного освещения;

Аналоговый вход – вход для подключения второго датчика;

Дискретные входы – для контроля других систем теплицы (полив, вентиляция и т.д.);

Дискретные выходы – для управления другими системами теплицы;

Шины DALI – для передачи сигнала управления освещением теплицы;

Энергонезависимое ОЗУ – содержит предварительно загруженные данные алгоритмов, по которым будет производиться управление освещением теплицы;

RS485 – разъем для управления контроллером DALI;

USB – отладочный разъем;

Wi-Fi – отладочный разъем.

Электрическая принципиальная схема контроллера DALI представлена в приложении 3.

#### **2.4. Разработка программного обеспечения**

Алгоритм работы контроллера заключается в следующем. В начале происходит инициализация периферии контроллера. Затем - инициализация модуля Wi-Fi. Далее происходит инициализация устройств на шине DALI и назначение им коротких адресов. Короткие адреса каждый раз назначаются в одном и том же порядке в соответствии с длинными уникальными адресами балластов. Затем контроллер переходит в режим ожидания команд. Текст программы инициализации контроллера приведен ниже.

Фрагмент кода программного обеспечения представлен в приложении 5.

Для тестирования и демонстрации работы контроллера по беспроводной связи было разработано программное обеспечение для платформы android. Экранные формы приложения приведены на рисунке 18. Приложение позволяет управлять первыми 4-мя балластами в ручном режиме и запускать автоматический и демонстрационный режимы.

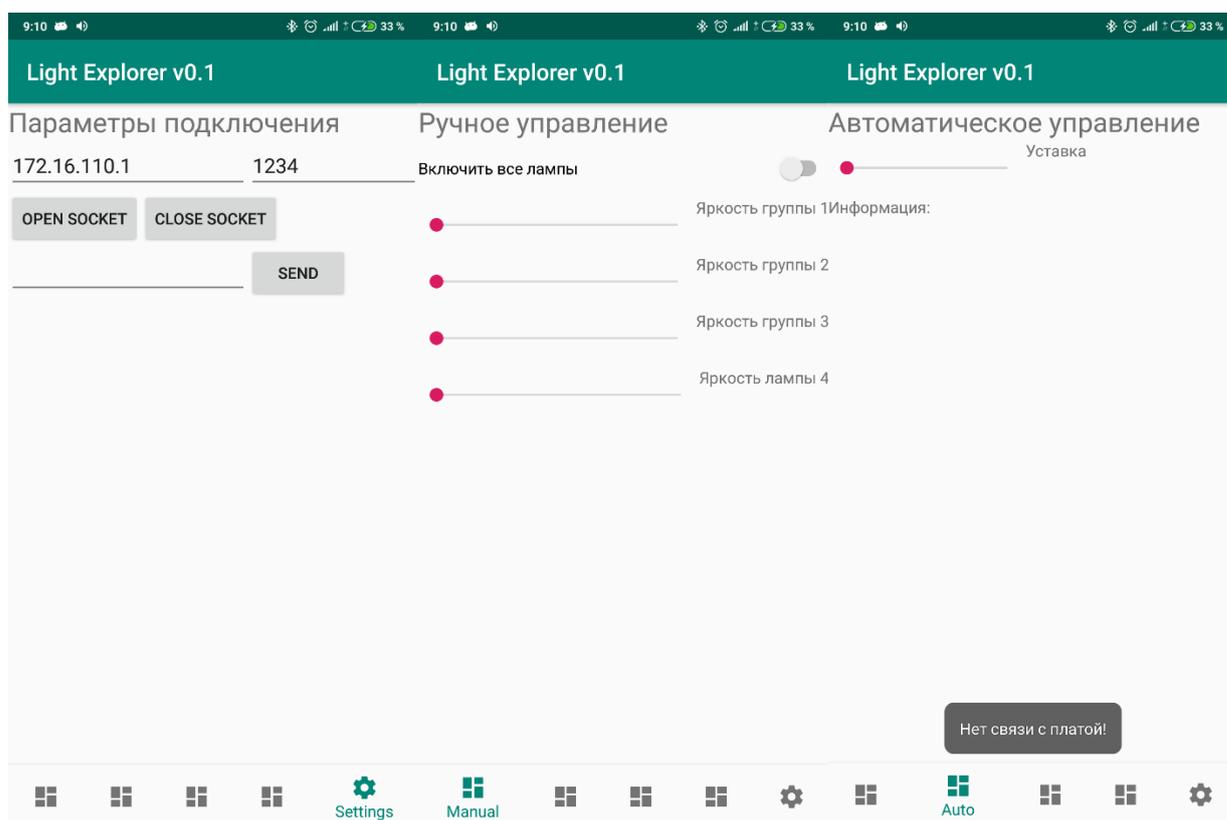


Рис. 20 Мобильное приложение для платформы android

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продуктом данной ВКР является автоматизированная система освещения теплицы.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Потенциальными потребителями готовой продукции являются различные предприятия сельского хозяйства.

### 3.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 5. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8

<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
3. Помехоустойчивость	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Энергоэкономичность	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
5. Надежность	0,07	5	5	3	0,35	0,35	0,21
6. Уровень шума	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
7. Безопасность	0,09	5	3	5	0,45	0,27	0,45
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
10. Простота эксплуатации	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Цена	0,02	4	4	5	0,08	0,08	0,1
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	5	5	5	0,1	0,1	0,1
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
7. Срок выхода на рынок	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
8. Наличие сертификации разработки	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
<b>Итого</b>	<b>1</b>				4,87	4,49	4,4

$B_{\phi}$  и  $K_{\phi}$  – баллы и конкурентоспособность исследуемой разработки;

$B_{k1}$  и  $K_{k1}$  – баллы и конкурентоспособность система освещения MASTER GreenPower 600W/400V с электронным ПРА компании «Philips»;

$B_{k2}$  и  $K_{k2}$  – баллы и конкурентоспособность система освещения компании «OSRAM»

$B_{кз}$  и  $K_{кз}$  – баллы и конкурентоспособность система освещения с монитором фотосинтеза РТМ-48А компании «Bio Instruments S.R.L.»

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

- чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;
- в чем конкурентное преимущество разработки.

Таким образом, конкурентоспособность научно-исследовательской работы составила 4,87, в то время как двух других аналогов 4,49 и 4,4 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская работа является конкурентоспособной.

### 3.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

1. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице 6 представлен результат первой ступени в матричной форме.

Таблица 5 – Матрица SWOT

	<b><u>Сильные стороны</u></b> <b><u>научно-</u></b> <b><u>исследовательского</u></b> <b><u>проекта:</u></b> <b><u>С1.</u></b>	<b><u>Слабые стороны</u></b> <b><u>научно-</u></b> <b><u>исследовательского</u></b> <b><u>проекта:</u></b> <b><u>Сл1.</u></b> Отсутствие у
--	---	--

	<u>Автоматизированная система освещения с учётом спектра освещенности является принципиально новой</u> <u>С2. Метод является экономичным и ресурсоэффективным</u> <u>С3. Возможность применения данной системы для широкого спектра выращиваемых культур.</u> <u>С4. Актуальность НТИ</u> <u>С5. Наличие опытного руководителя</u>	<u>потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данной системой.</u>
<u><b>Возможности:</b></u> <u>В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки</u> <u>В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах</u>		
<u><b>Угрозы:</b></u> <u>У1. Отсутствие спроса на разработку.</u> <u>У2. Закрытие аграрных предприятий на территории РФ.</u>		

2. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательской работы внешним условиям окружающей среды.

Результаты, представленные в табличной форме, призваны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Каждый символ в таблице обозначает степень соответствия.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта (1)

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	-	+	+	-
	В2	+	+	+	-	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта (2)

Возможности проекта		Сл1
	B1	0
	B2	0

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта (3)

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	0	-	0
	У2	+	0	0	+	0

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта (4)

Угрозы проекта		Сл1
	У1	-
	У2	0

В результате получаем сильно коррелирующие параметры:

1) B1C1C3C4, B2C1C2C3 => B1B2C1, B1B2C3

2) -

3) У1C1C2, У2C1C4 => У1У2C1

4) -

Исходя из этих данных, получаем наиболее выгодные направления реализации проекта.

3. Составим итоговую матрицу для заключительного третьего этапа, в котором будут описаны основные решения научно-исследовательского проекта.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT

	<b><u>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</u></b>	<b><u>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</u></b> Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данной системой.
--	--	---

	<p><u>C1. Автоматизированная система освещения с учётом спектра освещенности является принципиально новой</u></p> <p><u>C2. Метод является экономичным и ресурсоэффективным</u></p> <p><u>C3. Возможность применения данной системы для широкого спектра выращиваемых культур.</u></p> <p><u>C4. Актуальность НТИ</u></p> <p><u>C5. Наличие опытного руководителя</u></p>	
<p><b><u>Возможности:</u></b></p> <p><u>B1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки</u></p> <p><u>B2. Большой потенциал применения метода в России и других странах</u></p>	<p><b><u>B1B2C1, B1B2C3</u></b></p>	-
<p><b><u>Угрозы:</u></b></p> <p><u>У1. Отсутствие спроса на разработку.</u></p> <p><u>У2. Закрытие аграрных предприятий на территории РФ.</u></p>	<p><b><u>У1У2C1</u></b></p>	-

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

### 3.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 11 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определён имеющийся научно-технический задел	4	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	5
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выход на зарубежный рынок	3	5
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной	1	1

	разработки		
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	42	51

По результатам оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации можно сделать вывод, что на данный момент перспективность проекта средняя. Это связано с тем, что проект находится на стадии макетирования, а уровень компетенций разработчика в области коммерциализации не достаточен. Исправить данную ситуацию можно путём привлечения специалистов из области коммерциализации.

### **3.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Время продвижения товара на рынок зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Для данного научно-исследовательского проекта целесообразнее использовать такие методы коммерциализации, как инжиниринг и организация собственного предприятия. Это связано с тем, что оба метода позволят получать постоянный доход с разработки, а инжиниринг, в дополнение, будет способствовать её совершенствованию. На данном этапе, ориентация на перечисленные методы повысит требования к взаимозаменяемости комплектующих изделия, что повлечёт за собой упрощение системы и уменьшение себестоимости прибора.

### **3.6. План проекта**

#### **3.7. Цели и результаты НТИ**

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 13. Под заинтересованными сторонами проекта понимают лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Студент	Готовая выпускная квалификационная работа
Руководитель проекта	Получение готовой технической и технологической документации, изготовление и испытание макета

Таблица 13 – Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработать и изготовить макет автоматизированной системы светодиодного освещения теплицы на основе интерфейса DALI;</li> <li>2. Минимизировать затраты на изготовление макета.</li> </ol>
<b>Ожидаемые результаты проекта</b>	Получение рабочего макета с минимальной себестоимостью.
<b>Критерии приёмки результата проекта</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доступ к основным узлам;</li> <li>2. Работа макета системы по определенному алгоритму;</li> <li>3. Наглядность.</li> </ol>
<b>Требования к результату проекта</b>	Макет системы должна обеспечивать выполнение требований технического задания. Себестоимость изготовления должна быть минимальной.

В данном разделе поставлена цель проекта, описаны ожидаемые результаты, а также выдвинуты требования к результатам проекта. Заинтересованными сторонами данного НТИ являются студент и руководитель проекта.

### 3.8. Структура работ в рамках научного исследования

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.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 3.

Таблица 14 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1. Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2. Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3. Проведение патентных исследований	Студент
	4. Выбор направления исследований	Руководитель

	5. Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6. Подготовка образцов для экспериментов	Студент
	7. Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент
	8. Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	9. Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	10. Определение целесообразности проведения ОКР	Студент
Оформления отчета по НИР	11. Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент

### 3.8.1. Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (7)$$

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

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

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

### 3.8.2. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (8)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (9)$$

где  $T_{кал} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 104$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Таблица 15 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ								
	t <sub>min</sub> , чел-дни			t <sub>max</sub> , чел-дни			t <sub>ож</sub> , чел-дни		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2
Подбор и изучение материалов по теме	10	10	10	15	15	15	12	12	12
Проведение патентных исследований	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8
Подготовка образцов для экспериментов	5	5	6	10	10	10	7	7	7,6
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	10	10	10	12	12	12	10,8	10,8	10,8
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	5	6	6	8	10	10	6,2	7,6	7,6
Оценка эффективности полученных результатов	7	5	5	10	7	7	8,2	5,8	5,8
Определение целесообразности проведения ОКР	5	6	6	7	8	8	5,8	6,8	6,8
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	5	10	15	7	13	25	5,8	11,2	19

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 13.

Таблица 16 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
-----------------	---	---

	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	12	12	12	18	18	18
Проведение патентных исследований	9	9	9	12	12	12
Выбор направления исследований	5	5	5	7	7	7
Календарное планирование работ по теме	3	3	3	4	4	4
Подготовка образцов для экспериментов	7	7	11	10	10	11
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	10,8	10,8	10,8	16	16	16
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6,2	7,6	8,6	10	11	11
Оценка эффективности полученных результатов	8,2	5,8	5,8	12	9	9
Определение целесообразности проведения ОКР	5,8	6,8	6,8	9	10	10
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	2,9	5,6	9,5	5	9	14

На основе таблицы 17 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 17 – Календарный план график проведения НИР по теме

Вид работ	Исп	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
			февр		март			апрель			май			июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		

Составление и утверждение технического задания	Р	3	■																	
Подбор и изучение материалов по теме	Д	18		□																
Проведение патентных исследований	Д	12			□															
Выбор направления исследований	Р	7				■														
Календарное планирование работ по теме	Р	4					■													
Подготовка образцов для экспериментов	Д	11						□												
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Д	16							□											
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Д	11								□										
Оценка эффективности полученных результатов	Д	12									□									
Определение целесообразности проведения ОКР	Д	10										□								
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Д Р	14																	□	■

■ - руководитель, □ - Студент

### 3.9. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

### 3.9.1. Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (10)$$

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

$N_{расхи}$  – 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.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 15.

Таблица 18 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Процессор STM32F103VBT 6	шт	2	2	2	450	450	450	900	900	900
Микроконтроллер REF 3025AIDBZT	шт.	4	4	4	120	120	120	480	480	480
Корпус DIN D9MG	шт.	4	4	4	250	250	250	1000	1000	1000
<b>Итого</b>								<b>2380</b>		

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению.

### 3.9.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 20. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ.

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Модуль «STEVAL-ILM001V1»	1	1	1	5000 00	6000 00	70000 0	575	690	805

Драйвер «ИПС80-700ТУ IP67 1202»	1	1	1	5000 0	4000 0	45000	57,5	46	51,75
Процессорный модуль «STM32 H103»	1	1	1	2000 0	1500 0	17000	23	17,25	19,55
Итого							655,5	753,25	876,3

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 процентов от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

### 3.9.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (11)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (13)$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 20 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	32	32
Действительный годовой фонд рабочего времени	215	215

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p, \quad (14)$$

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

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{с1} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 18.

Таблица 21 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.	$Z_{доп}$ , тыс. руб.
Руководитель	26,3	0,3	0,5	1,3	61,542	2,977	28	83,354	10,002
Студент	2,41	0,3	0,5	1,3	5,639	0,273	104	28,392	3,407
Итого $Z_{осн}$								111,724	13,409

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

### 3.9.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### 3.9.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

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 22 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$ , тыс. руб.	$Z_{\text{доп}}$ , тыс. руб.	$k_{\text{внеб}}$ , %	$Z_{\text{внеб}}$ , тыс. руб.
Руководитель	83,354	10,002	0,271	25,299

Студент	28,392	3,407	0,271	8,617
Итого $Z_{\text{осн}}$				33,916

### 3.10. Определение ресурсной эффективности

На данном этапе требуется определить показатели ресурсной эффективности данной разработки. В таблице 24 представлена сравнительная оценка характеристик трёх вариантов исполнения проекта. Первый вариант (текущий проект) это исполнение контроллера DALI с подключенным драйвером ШИМ. Второй вариант представляет собой ту же систему с замененным драйвером ШИМ. Третий вариант то же исполнение, что и в варианте 1 только с изменением микроконтроллера.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Вариант 2	Вариант 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	3	3	3
3. Помехоустойчивость	0,1	5	5	5
4. Энергосбережение	0,1	4	4	4
5. Надёжность	0,2	5	5	5
6. Материалоёмкость	0,25	5	2	2
Итого:	1	27	24	22

Интегральный показатель ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 = 4,6$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности для аналога 1:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 2 = 3,85$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности для аналога 2:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i = 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 2 = 3,45$$

Основываясь на полученных результатах расчётов, можно сделать вывод, что наибольшей ресурсной эффективностью обладает текущий вариант проекта.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Терещенко Д.Б., Фёдоров Е.М.. Методы и приборы контроля диаметра протяженных изделий // XI научно-техническая конференция «Виртуальные и интеллектуальные системы» (ВИС-2016) – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. – С. 190-193.