

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Удмуртский государственный аграрный университет»

*На правах рукописи*

ШИРОБОКОВА Татьяна Александровна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СВЕТОДИОДНОГО  
ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ**

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение  
агропромышленного комплекса

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:  
доктор технических наук, доцент  
Бакиров Сергей Мударисович

Ижевск - 2025

## Содержание

|                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЖИВОТНЫХ.....                                                            | 13  |
| 1.1 Оценка влияния освещения на продуктивность животных.....                                                                                                                                            | 21  |
| 1.2 Анализ систем освещения животноводческих помещений.....                                                                                                                                             | 28  |
| 1.3 Анализ систем управления освещением в животноводческих помещениях.....                                                                                                                              | 40  |
| 1.4 Современные методы расчета систем освещения.....                                                                                                                                                    | 47  |
| 1.5 Постановка научной проблемы, цели и задач исследования.....                                                                                                                                         | 56  |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....                                                                                                | 59  |
| 2.1 Обоснование объекта исследования.....                                                                                                                                                               | 59  |
| 2.2 Разработка обобщенной теории светодиодных осветительных устройств для содержания животных.....                                                                                                      | 61  |
| 2.3 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника для освещения продольной и поперечной составляющих в животноводческих помещениях.....                                 | 74  |
| 2.4 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника для освещения продольной составляющей в животноводческих помещениях.....                                              | 91  |
| 2.5 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника с повышенной концентрацией светового потока для освещения животноводческих помещений.....                             | 99  |
| 2.6 Разработка алгоритмов и программ моделирования конструкции светодиодных осветительных установок по критерию освещенности и минимума энергопотребления для различных животноводческих помещений..... | 104 |
| 2.7 Выводы по главе.....                                                                                                                                                                                | 111 |

|      |                                                                                                                                                                                          |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3    | ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ.....                                                                                                 | 114 |
| 3.1  | Обоснование разработки физических моделей осветительных приборов на основе светодиодов.....                                                                                              | 114 |
| 3.2  | Разработка светодиодного осветительного прибора с линейками круглосимметричных светодиодов.....                                                                                          | 116 |
| 3.3  | Разработка светодиодного светильника для равномерного освещения рабочей поверхности птичника.....                                                                                        | 120 |
| 3.4  | Разработка светодиодного осветительного прибора для животноводческих помещений.....                                                                                                      | 122 |
| 3.5  | Разработка светодиодного осветительного прибора с использованием термоэлектрического эффекта.....                                                                                        | 129 |
| 3.6  | Разработка алгоритмов моделирования конструкции светодиодных осветительных установок по критерию освещенности и минимума энергопотребления для различных животноводческих помещений..... | 134 |
| 3.7  | Разработка алгоритма моделирования конструкции светодиодных осветительных установок, обеспечивающих минимальное отклонение от нормированной освещенности.....                            | 139 |
| 3.8  | Разработка энергосберегающего режима освещения в птицеводческом помещении за счет автоматизированной системы управления.....                                                             | 144 |
| 3.9  | Разработка схемы управления системой освещения в птицеводческом помещении.....                                                                                                           | 161 |
| 3.10 | Разработка системы автоматического регулирования уровня освещения в животноводческих помещениях.....                                                                                     | 166 |
| 3.11 | Выводы по главе.....                                                                                                                                                                     | 170 |
| 4    | ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....                                                                                               | 172 |
| 4.1  | Результаты лабораторных исследований параметров осветительных приборов на основе светодиодов.....                                                                                        | 172 |
| 4.2  | Методика экспериментальных исследований освещенности для животноводческих предприятий.....                                                                                               | 177 |

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3 Выводы по главе.....                                                                                             | 193 |
| 5 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ТЕХНИКО-<br>ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....                                            | 194 |
| 5.1 Производственные испытания осветительных установок светодиодами в<br>условиях ООО «Удмуртская птицефабрика»..... | 195 |
| 5.2 Производственные испытания осветительных установок со светодиодами<br>в коровнике на 100 голов.....              | 200 |
| 5.3 Производственные испытания осветительных установок со светодиодами<br>в свинарнике на 100 голов.....             | 212 |
| 5.4 Капиталовложения при использовании светодиодных осветительных<br>установок в животноводстве.....                 | 216 |
| 5.5 Определение эффективности внедрения светодиодных светильников в<br>коровнике с привязным содержанием коров.....  | 224 |
| 5.6 Выводы по главе.....                                                                                             | 227 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                                                      | 229 |
| РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....                                                                                       | 232 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....                                                                          | 232 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                                               | 232 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                                                      | 280 |
| Приложение А – Патенты и свидетельства.....                                                                          | 281 |
| Приложение Б – Измерение уровня освещенности.....                                                                    | 292 |
| Приложение В – Акты внедрения в производство.....                                                                    | 311 |
| Приложение Г – Основные продуктивные показатели.....                                                                 | 311 |
| Приложение Д – Акты внедрения в учебный процесс, дипломы .....                                                       | 311 |



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Приоритетом государственной политики является обеспечение национальной и продовольственной безопасности страны [173, 192, 246]. В соответствии с планом научно-технического развития аграрного сектора Российской Федерации на период до 2030 года предлагается совершенствование существующих технологий получения качественной продукции животноводства [191, 194, 207, 208, 246]. Однако низкая обеспеченность всего на 35% продуктами животного происхождения связана с высокой себестоимостью продукции животноводства.

Одним из путей развития животноводства является разработка технологий и технических средств, снижающие затраты на энергоресурсы и исключают негативное влияние на животных. Анализ причинных показателей, влияющих на состояние здоровья животного, показал, что режимы и качество освещения способствуют изменению активности животного в 1,12...2,94 раз при прочих равных условиях содержания. Установлено, что система освещения (СО) оказывает влияние на физиологию животных, улучшает их резистентность, стимулирует рост и развитие. Анализ результатов работ отечественных и зарубежных авторов показал, что управление параметрами системы освещения способствует повышению надоев молока коров до 18,8 %, яйценоскости птиц до 15,4 %, суточного привеса свиней до 8,3% [166, 184, 185, 193, 195]. Однако результаты повышения производительности животных нестабильны, а разработки технологий влияния параметров освещения на животных носят локальный характер и требуют проведения комплексных исследований.

В структуре затрат на электрическую энергию в животноводстве на систему освещения приходится от 10,2 % до 18,4 % [75, 80]. Многолетние наблюдения влияния освещения на животных [25, 40, 60, 71, 80, 84, 102, 112, 119, 124, 127, 187, 201, 203, 307] подтверждают высокую потребность в технических средствах и технологиях искусственного освещения. В настоящее время широко используется применение светодиодных источников света, что

позволяет в 1,4...3,8 раз снизить затраты на электроэнергию и расширить применение методов и способов регулирования параметров освещения (спектра излучения и режимов освещения). Однако разнообразие источников светодиодного освещения и способы управления освещением формирует у потребителей ряд вопросов прикладного характера, связанных с равномерностью освещения, которые нельзя решить с помощью существующих инженерных методик расчета. Использование традиционных методов расчета освещения в животноводческих помещениях приводит некорректным данным и в последствии к завышенным затратам на электроэнергию.

Основанием для данной работы является комплекс работ по созданию, совершенствованию и эксплуатации светодиодных осветительных установок. Работа выполняется в соответствии со следующими программами:

- государственная программа Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (от 22 октября 2021 г. № 1814);
- Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы «Создание и внедрение конкурентоспособных отечественных технологий в целях научно-технического обеспечения развития сельского хозяйства и снижения технологических рисков в продовольственной сфере»;
- государственная программа Удмуртской Республики «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (от 30 ноября 2023 года);
- приоритетное научное направление ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ «Повышение эффективности работы технологических энергоустановок в сельском хозяйстве Удмуртской Республики» (рег. №11601151005).
- Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. №261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

**Степень разработанности темы.** Теоретические исследования влияния продолжительности светового дня, уровня освещенности на продуктивность животных подробно проанализированы в работах А.В. Козакова, Б.Н. Орлова,

В.М. Юркова, Н. Консволь, Д. Лазаренко, А.Ш. Кавтарашвили и др. Смежные вопросы в области разработки систем управления и автоматизации процессами в агропромышленных комплексах рассмотрены в трудах Ю.Б. Айзенберга, Г.М. Кнорринга, В.В. Мешкова, А.Г. Возмилова, Н.Ф. Кожевниковой, Н.П. Кондратьевой, В.Ф. Сторчевого, А.К. Лямцова, С.А. Овчуковой, О.Ю. Коваленко, А.А. Ашрятова, Л.К. Алферовой, Л.Ю. Юферева, Г.Н. Самарина, С.А. Ракутько, Е.М. Басарыгиной, В.А. Каргина, А.А. Михалева, С.А. Микаевой и др. В исследованиях большинства ученых определены не только методические вопросы оценки уровня эффективности технологий выращивания и содержания животных, но и разработаны направления их развития. Анализ работ ученых показал отсутствие комплексных, обобщающих научнообоснованных решений, в которых исследована совокупность зависимостей геометрических параметров светодиодных светильников, объективных алгоритмов расчета освещения животноводческих помещений для светодиодных источников света, воздействия на животных и оптимальных, наименьших затрат на электроэнергию. Противоречие состоит в том, что общепромышленные светодиодные светильники, программы и устройства управления светодиодным освещением, а также системы контроля и мониторинга параметров животных позволяют обеспечить необходимую освещенность или спектральный состав видимого излучения. Однако улучшению эффективности систем светодиодного освещения, позволяющей добиться максимальной продуктивности животных, препятствует отсутствие обобщающей теории, учитывающей конструктивные, энергетические, светотехнические, технологические параметры светодиодных систем освещения.

В диссертационной работе решается проблема повышения эффективности освещения в животноводческих помещениях с обоснованием технических решений по улучшению эффективности систем светодиодного освещения, поддержанию уровня освещенности, позволяющей добиться максимальной продуктивности животных при минимальных затратах электроэнергии.

Для решения проблемы сформулирована следующая научная гипотеза: проектирование осветительных приборов на основе светоизлучающих диодов, разработка алгоритмов и программ, обеспечивающих равномерное освещение животноводческих помещений, позволят снизить затраты на электроэнергию на 5,0...10,0 % и повысить продуктивность животных на 5,0...15,0 %.

**Цель работы** – совершенствование систем светодиодного освещения для совокупного повышения продуктивности животных в животноводческих помещениях.

**Задачи исследований:**

1. Провести анализ современных технологий искусственного освещения и способов повышения продуктивности животных за счет воздействия светотехническими устройствами.

2. Теоретически определить зависимость эффективности системы искусственного освещения и наилучшие варианты использования светодиодных источников света в животноводческих помещениях.

3. Обосновать геометрические параметры и установить зависимости освещённости и равномерности систем светодиодного искусственного освещения для различных животноводческих помещений.

4. Разработать технические средства повышения эффективности систем освещения на основе светодиодов с учетом особенностей содержания животных.

5. Провести лабораторные испытания новых светодиодных осветительных приборов и установить сходимость теоретических и экспериментальных значений освещенности и равномерности освещения.

6. Выполнить производственную проверку изменения продуктивности животных с усовершенствованной системой светодиодного освещения и оценить экономическую эффективность предложенных решений.

**Объект исследования** – система осветительных светодиодных установок для животноводческих помещений.

**Предмет исследований** – закономерности изменения параметров системы освещения в различных условиях эксплуатации животноводческих помещений.

**Научная новизна работы** состоит в следующем:

1. Теоретически обоснована зависимость эффективности осветительных приборов на основе светодиодов в животноводческих помещениях в зависимости от конструктивных параметров.

2. Разработаны методики, алгоритмы и программы расчета эффективной системы освещения животноводческих помещений.

3. Усовершенствованы математические модели геометрических параметров, распределения освещенности, неравномерности освещения осветительных приборов в животноводческих помещениях с учетом угла излучения светодиодов.

4. Разработаны технические средства, усовершенствованный алгоритм и программы управления, позволяющие повысить энергетическую эффективность систем освещения на основе светодиодов в животноводческих помещениях, подтвержденные патентами на полезные модели № 132859, 159705, 157781, 191976, 203834; свидетельствах о регистрации программы для ЭВМ № 2015617923, 2016617931, 2017617039, 2018662028, 2021660526, 2021619490, 2022669550, 2022617215, 2021619490.

**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается:

- в разработке теоретических положений для проектирования систем светодиодного освещения в животноводческих помещениях, позволяющих повысить продуктивность животных;

- в совершенствовании математических моделей изменения параметров, как светодиодных осветительных приборов, так и систем светодиодного освещения, используемых в животноводческих помещениях;

- в развитии и совершенствовании программ и алгоритмов расчета параметров осветительных приборов со светодиодами;

- в практическом применении научных разработок и результатов исследования в производстве на предприятиях АПК Удмуртской Республики и

Республики Татарстан, при изготовлении осветительных приборов предприятиями ООО «АКВА-РЕСУРС», ООО «Энергия», ООО «РЭМС», региональный технопарк «Удмуртия», а также в учебном процессе образовательных заведений всех форм обучения при чтении лекций, проведении лабораторных и практических занятий по вопросам эксплуатации осветительных установок.

**Методология и методы исследований.** В работе использованы методы математического анализа, статистической обработки данных, математического моделирования осветительных установок. Исследования проведены с применением программно-технических средств DIALux 4.12, C++, Octave, MS Excel 2010, КОМПАС 3D.

Основные методы исследования – эмпирическое изучение, наблюдение, измерение и сравнение, а при решении проблемы – системный подход, анализ, эксперимент, статистические методы обработки данных и обобщение.

**Научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:**

1. Методика определения эффективности системы освещения, позволяющая оценивать различные осветительные приборы со светодиодами в зависимости от конструктивных параметров.
2. Математическая модель, позволяющая определить зависимость конструктивных параметров осветительных приборов и энергопотребления системы освещения животноводческих помещений.
3. Предложенные методики, алгоритмы и программы расчета рациональной системы освещения, позволяющие разработать эффективную систему освещения животноводческих помещений.
4. Предлагаемые усовершенствованные математические модели изменения конструктивных параметров осветительных приборов от распределения освещенности, неравномерности освещения, расстояния между осветительными приборами в животноводческих помещениях.

**Степень достоверности основных положений и выводов подтверждена:** результатами экспериментальных исследований по повышению

продуктивности животных и снижению энергопотребления при эксплуатации осветительных установок на основе светодиодов, обеспечена применением методик испытаний в соответствии с требованиями ГОСТов, с использованием сертифицированных приборов и оборудования, а также достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных данных и их подтверждением при лабораторных и производственных испытаниях.

**Апробация работы и публикации.** Работа проведена в рамках приоритетного научного направления НИОКР ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ (рег. № 01200951811) «Повышение эффективности работы технологических энергоустановок в сельском хозяйстве Удмуртской Республики» (2012 – 2025 гг.). Апробация разработанных образцов проведена в производственных условиях ООО «Удмуртская птицефабрика», ООО «Племптицесовхоз «Увинский» Удмуртской Республики, ООО «Совхоз-Правда» Удмуртской Республики, ООО «Назар» Агрызского района Республики Татарстан, ООО ТПК «ЭнергоСветПрогресс», АНО региональный научно – технологический парк «Удмуртия», ООО «Рэмс», ООО «Аква-Ресурс», ООО «Энергия».

Основные положения работы доложены и одобрены на международных и всероссийских конференциях ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (2010-2021 гг.); ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ (2022-2024 гг.); на международных научно-технических конференциях «Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве» (г. Москва, 2012, 2014, 2015 гг.); 4th International Scientific Conference «Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development»: Papers of the 4th International Scientific Conference (Stuttgart, Germany, 2013 г.); международных научно-технических конференциях «Достижения науки – агропромышленному производству» (г. Челябинск, 2014, 2017, 2018 гг.); V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК» (г. Саратов, 2014 г.), 6-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Инновации в сельском хозяйстве», посвященной 105-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, почетного энергетика СССР, академика ВАСХНИЛ И.А. Будзко (г. Москва, 2015 г.); Международной научно-

технической конференции «Пром-Инжиниринг» (г. Челябинск, 2020 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в АПК» (г. Тюмень, 2021 г.); Международной конференции «Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития» (г. Могилев, Республика Беларусь, 2021 г.), на III открытой Республиканской научно-практической конференции «Менеджмент безопасности жизнедеятельности: перспективы развития и проблемы преподавания» (г. Минск, Республика Беларусь, 2021 г.), на научно-техническом совете Министерства сельского хозяйства Удмуртской Республики и Республики Татарстан, на XIII Международной Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК» (г. Саратов, 2022 г.), на VIII Национальной конференции с международным участием «Основы рационального природопользования» (г. Саратов, 2022 г.), XII Национальной конференции с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения» (г. Саратов, 2022 г.). Результаты работы отмечены золотой медалью на XII Международной выставке «Золотая осень 2021», бронзовой медалью на XIII Международной выставке «Золотая осень 2022».

По материалам диссертации опубликовано 72 печатных работ, в том числе 18 в рецензируемых научных журналах, 7 в изданиях, включенных в базы Web of Science и Scopus, 5 патентах на полезные модели, 9 свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общий объем публикаций составляет 28,5 печ. л., из которых доля авторского вклада 12,3 печ. л.

Диссертация обобщает результаты научных исследований и практических разработок автора, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 358 наименований, 45 из которых на иностранных языках, 5 приложений. Материал работы изложен на 349 страницах машинописного текста, включает в себя 169 рисунков, 37 таблиц.



# **1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЖИВОТНЫХ**

Одной из вечных мировых проблем, до сих пор не потерявшей своей актуальности, является производство продуктов питания, которые важны для существования человечества. Очевидно, что как для человека, так и государства в целом возникает задача стабильного обеспечения продовольствием населения и гарантия продовольственной безопасности. По мнению многих авторов, одним из главных направлений в настоящее время является продовольственная безопасность Российской Федерации [157, 173]. Еще в 2014 году этот вопрос стал одним из актуальных, когда власти страны приняли решение ввести контрсанкции в отношении многих западных стран. Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации поставлена задача обеспечения населения страны сельскохозяйственной продукцией и продовольствием за счет отечественного производства, повышения конкурентоспособности агропродукции и эффективного импортозамещения на рынке животноводческой продукции. Ввоз продуктов питания, а также некоторых других товаров был запрещен. Было объявлено, что страна переходит на импортозамещение и будет сама себя обеспечивать всеми необходимыми товарами и продуктами [174, 194, 202, 208, 307]. Согласно Федеральному закону «О продовольственной безопасности РФ», продовольственная независимость РФ на данный момент рассматривается как самообеспечение страны основными видами отечественной сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [207].

В указе Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» отмечено, что одной из ключевых задач является обеспечение технологического суверенитета отрасли, в частности, предполагают увеличение к 2030 году производства продукции агропромышленного комплекса не менее чем на 25 %. В указе отмечено, что производство сельскохозяйственной

продукции (в том числе и производство продукции животноводства), должно концентрироваться на увеличении и интенсивном использовании потенциала и новых технологий выращивания животных [246].

Животноводство является одной из важнейших сельскохозяйственных отраслей российской экономики, так как позволяет удовлетворять потребности граждан страны в пище и одежде (рисунок 1.1). Основные отрасли животноводства в России составляют [149,148, 167, 168, 170]

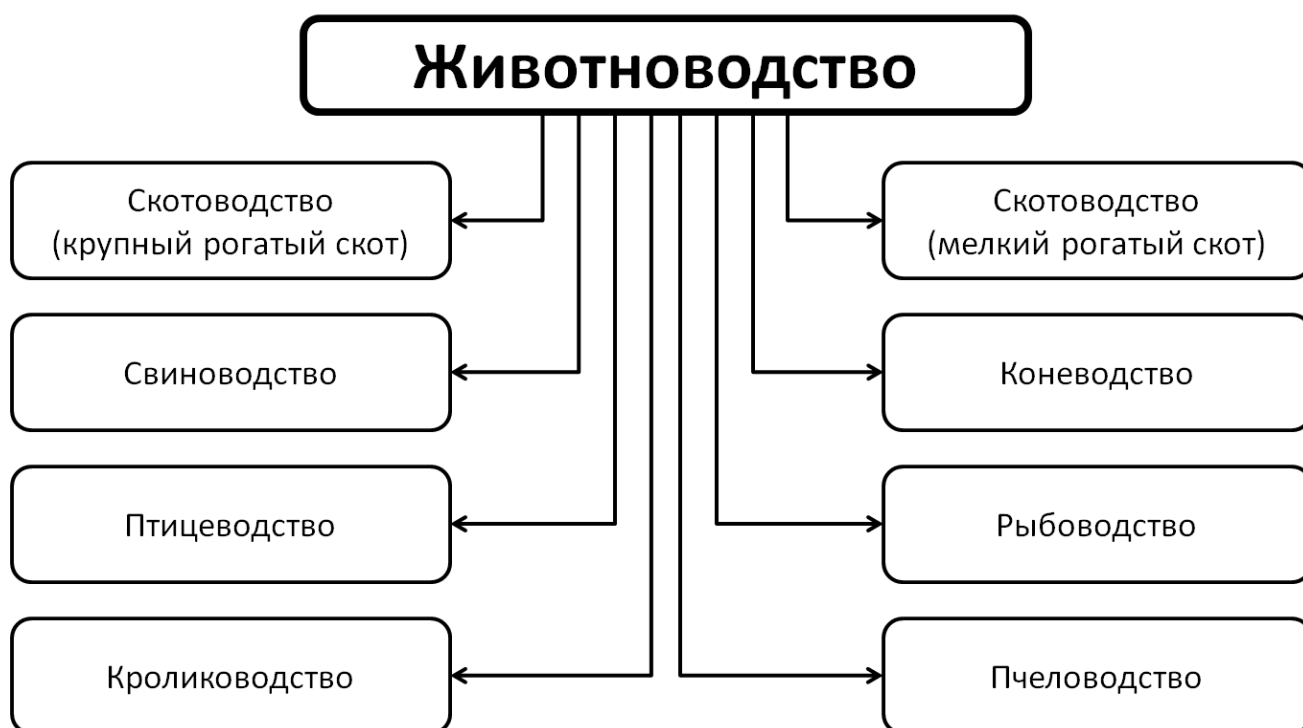


Рисунок 1.1 – Структура животноводства

Рынок животноводческой продукции (молоко и мясо) является весомым сегментом отечественного продовольственного рынка. Согласно данным Росстата РФ, значимую долю продуктов питания в расчете на среднедушевое потребление занимают яйца, молоко, молокопродукты и мясо [155, 174, 192] (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Среднедушевое потребление продуктов за год, кг

При выращивании биологических объектов на животноводческих предприятиях в настоящее время используют большое количество электроосветительного оборудования (рисунок 1.3).

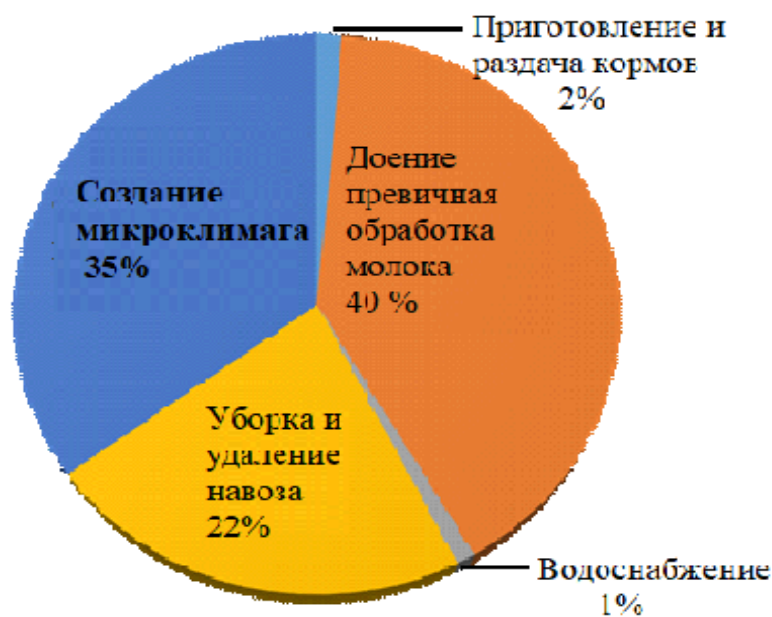


Рисунок 1.3 – Потребление электроэнергии на технологические нужды в животноводстве, %

Для обеспечения высокого уровня автоматизации производственных процессов при содержании всех видов животных необходимо снижать затраты на их содержание. Оптическое излучение в технологических процессах сельского хозяйства является источником одним из возможных потенциалов повышения продуктивности животных.

Эффективность животноводства зависит от способа содержания животных, рационального микроклимата в помещении. Согласно анализу многих авторов, животноводство является крупным потребителем электроэнергии [157, 171, 174, 297]. Траты животноводческих ферм на электроэнергию составляют 70 % от их общего числа затрат. В условиях варьируемой продолжительности светового дня значимая статья расхода электроэнергии в хозяйствах при содержании животных приходится на электроосвещение 10 – 15 % (рисунок 1.4) [7, 11, 159, 168, 302, 303]. Это вызвано использованием энергоемких осветительных приборов и низким уровнем их эксплуатации и ежегодным повышением цен на электроэнергию [249, 257, 259, 264, 274, 277, 283, 293, 295]. Сложившаяся ситуация вызывает необходимость повсеместного применения мероприятий по энергосбережению при организации процессов в животноводстве.

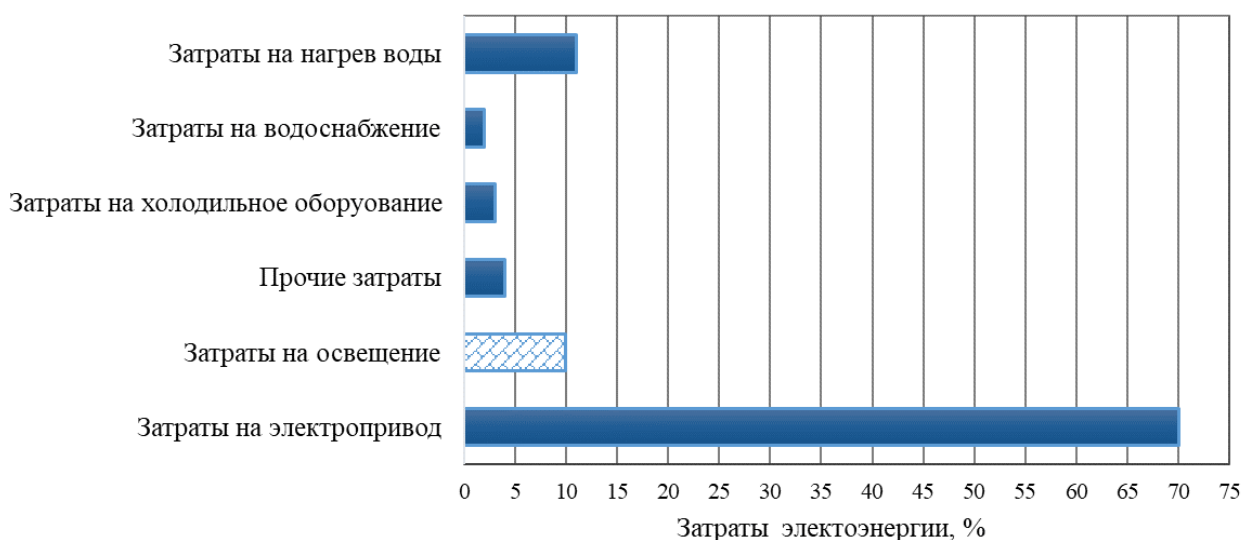


Рисунок 1.4 – Структура потребления электроэнергии на технологические нужды в животноводстве

Продолжительность солнечного сияния определяется широтой места, долготой дня и количеством облаков. Меньше всего солнечных дней на территории России приходится на декабрь, а максимум – на июль [96, 109, 123, 152]. Климатические условия Приволжского федерального округа обусловлены длительным зимним периодом, особенностью которого является короткий световой день с недостаточной освещенностью. Анализ времени восхода и захода солнца по месяцам на широте Удмуртской Республики показал, что самый длинный световой день для региона составил порядка 18 часов в летний месяц, в то время как в зимний период этот показатель составляет не более 6 часов (рисунок 1.5). В современных животноводческих помещениях наблюдается освещенность ниже нормы, она распространяется неравномерно в осенние, зимние и весенние месяцы, а в коровниках постройки 70 – 90-х годов низкая освещенность даже летом, а коэффициент неравномерности освещения составляет более 2.

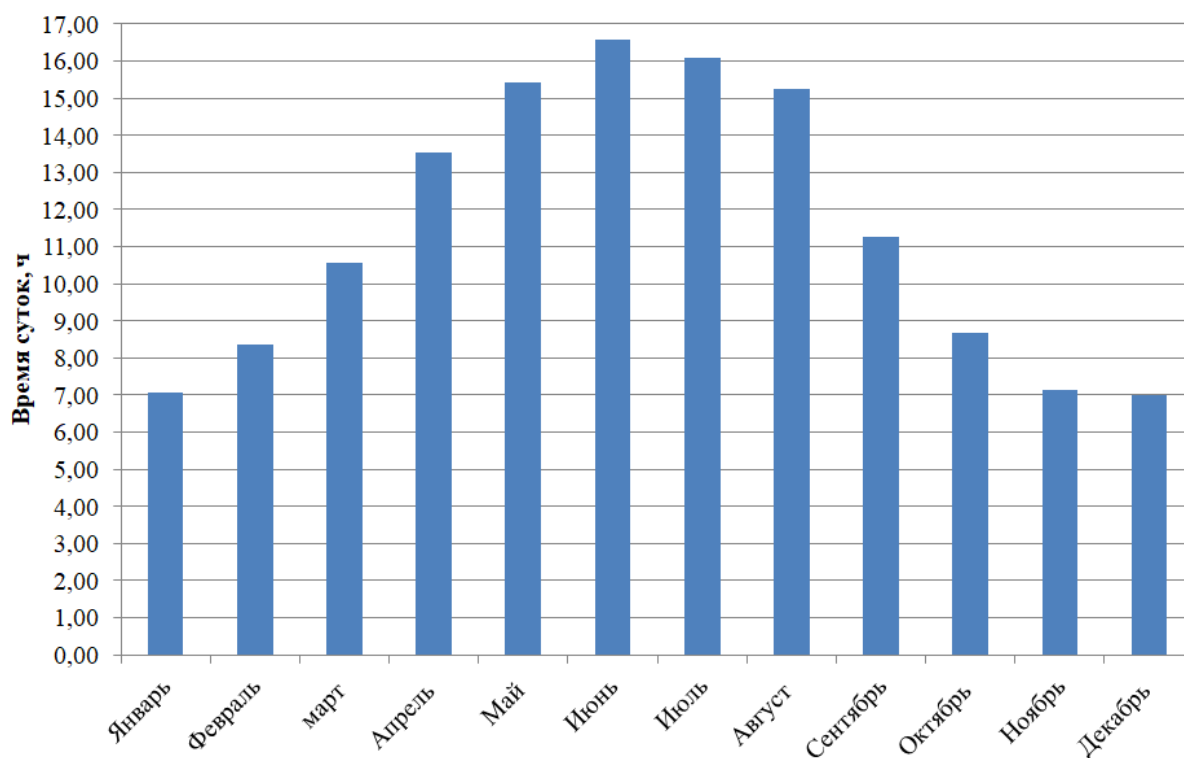


Рисунок 1.5 – Годовой график продолжительности светового дня  
в Удмуртской Республике

Поэтому наиболее затратным технологическим процессом при выращивании всех видов животных, является автоматизация и поддержание параметров освещения для имитации естественных условий роста и развития биологических объектов [7, 41, 42, 49, 80].

В животноводстве световому режиму не уделяется должного внимания, а световая энергия используется главным образом для освещения помещений во время производственных процессов, без учета потребностей организма животных в видимом излучении. Исследования ряда авторов показали, что увеличение светового дня до 15–16 % приводит к росту продуктивности за счет повышенного потребления кормов и их более качественного усвоения без изменения рациона [101, 110, 111, 136, 150, 242, 260]. Качество освещения оценивается следующими показателями: режимом работы, спектром источников света, цветностью, интенсивностью, неравномерностью освещения. Научные исследования по изучению влияния оптического излучения на физиологические показатели животных внесли неоспоримый вклад в развитие современной светотехники. Поэтому для реализации нормированного качественного освещения в животноводческих помещениях, способствующего повышению эффективности выращивания и содержания животных, ищутся менее энергоемкие технологии искусственного освещения.

Для выполнения исследовательской работы были составлены положения по структуре задач исследования (рисунок 1.6) и схема научного обеспечения электротехнологий в животноводстве (рисунок 1.7).

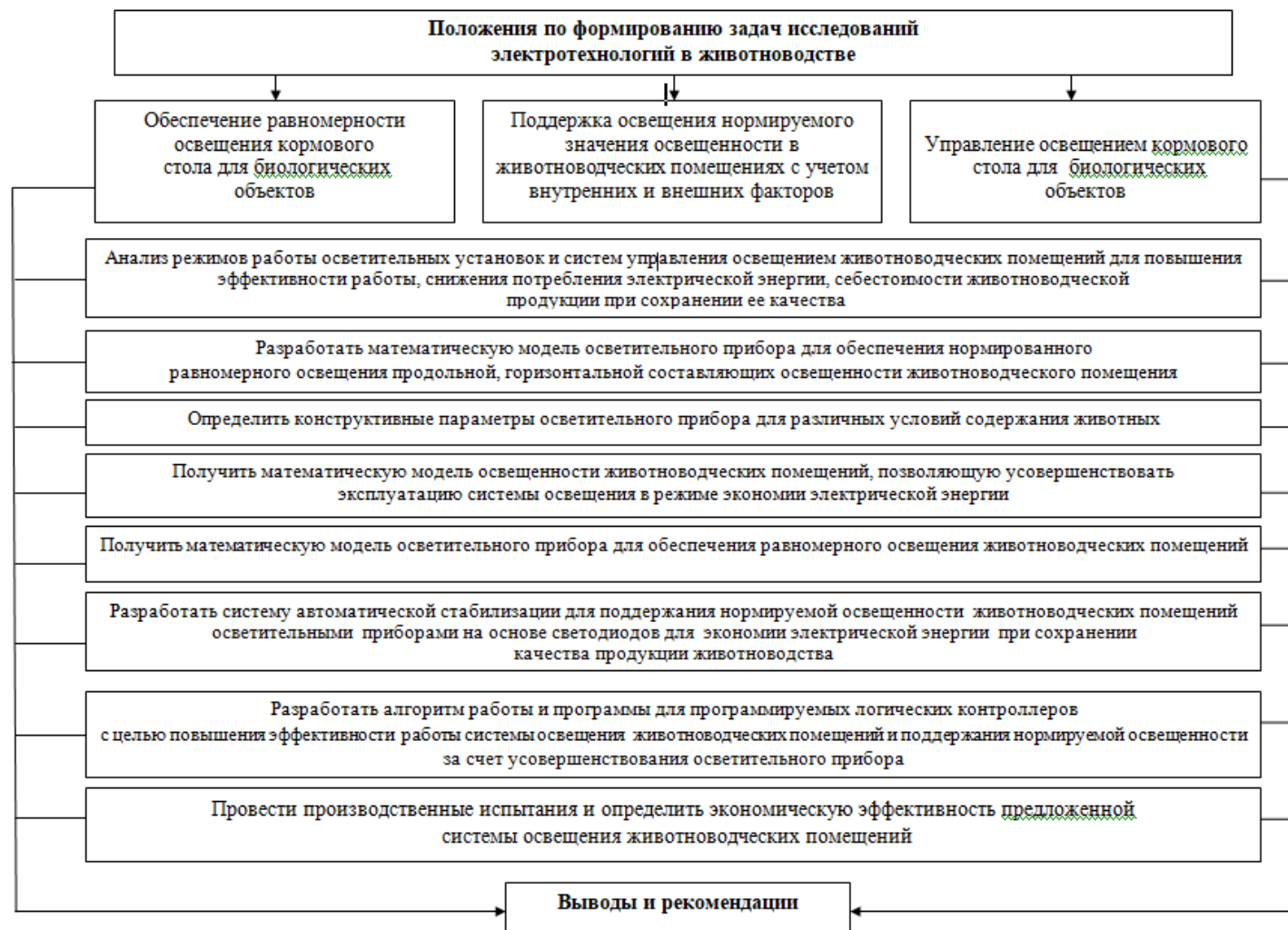


Рисунок 1.6 – Положения по формированию исследований электротехнологий в помещениях для содержания животных

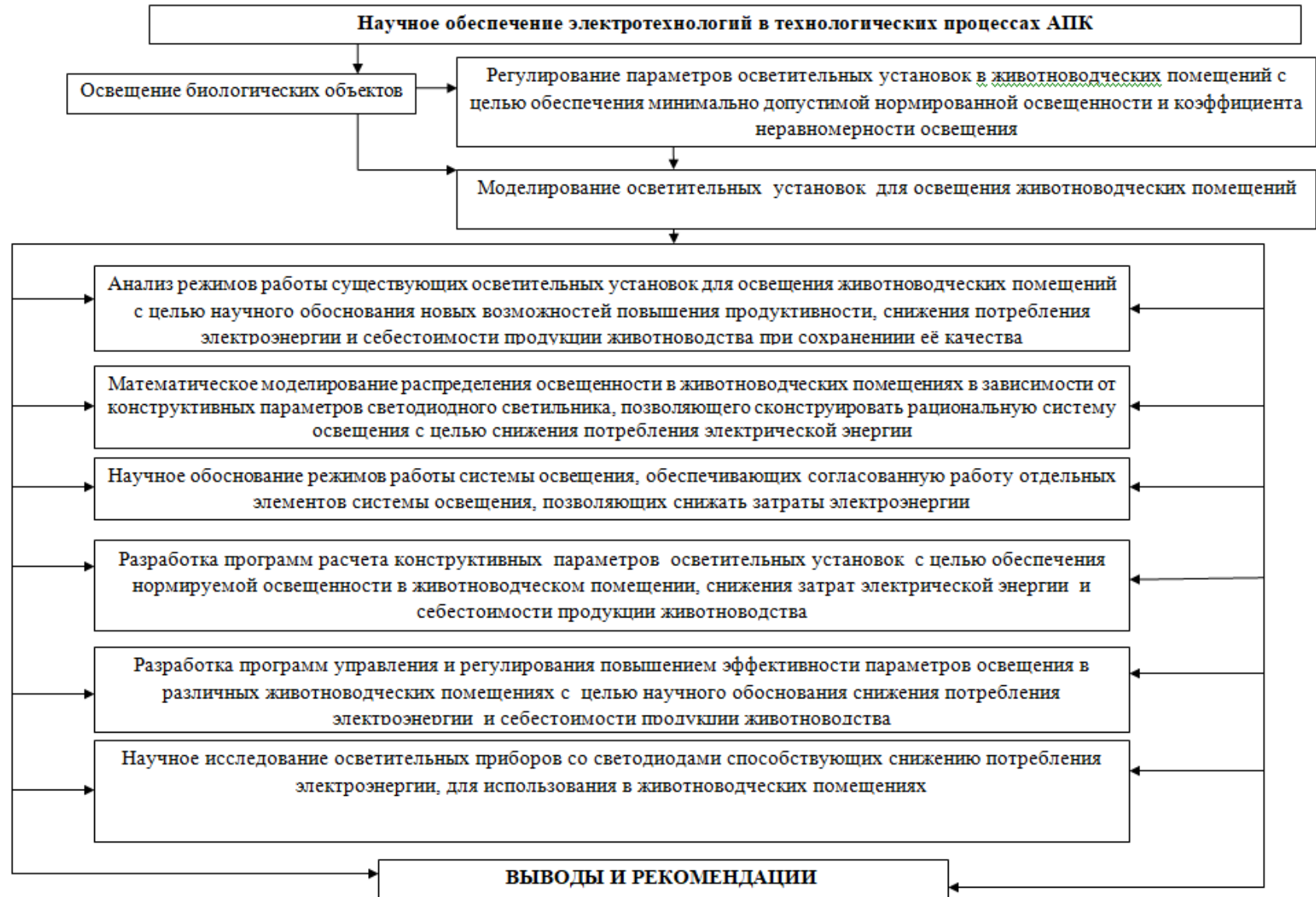


Рисунок 1.7 – Схема научного обеспечения электротехнологий в помещениях для содержания животных



## 1.1 Оценка влияния освещения на продуктивность животных

Эффективное использование световой энергии при выращивании и содержании всех видов животных зависит от спектрального состава излучения, величины освещенности, продолжительности суточного освещения. Ряд авторов утверждают: «при создании физиологически полноценной среды обитания для биологических объектов с учетом технологии их содержания особая роль отводится световому раздражителю» [5, 25, 30, 49]. Многие ученые внесли неоспоримый вклад в изучение влияния оптического излучения на биологические объекты. Например, результаты полученные в работе О.В. Мусатовой, отмечено: «увеличение интенсивности освещения во второй период исследований до 120 лк в третьей опытной группе привело к увеличению общих затрат на 1,6% и уменьшению чистой прибыли на 3,9 % по сравнению со второй опытной группой (рисунок 1.8)[155].

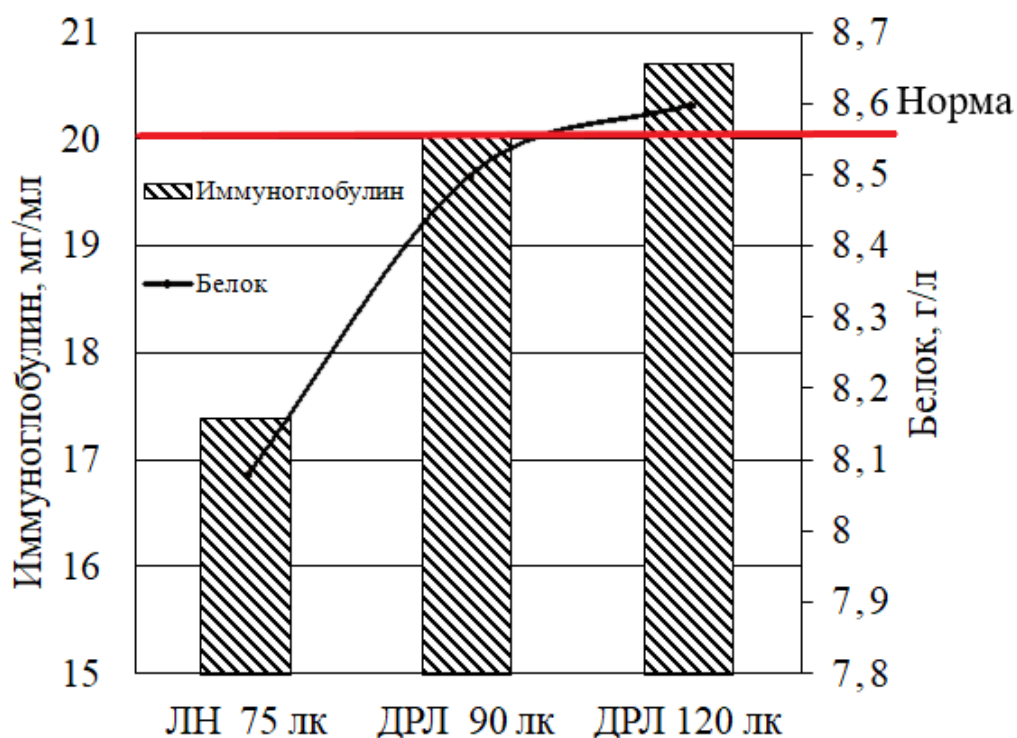


Рисунок 1.8 – Зависимость физиологического состояния животных от освещенности [155]

При этом более значимый экономический эффект был получен во вторую серию исследований при использовании люминисцентных ламп ДРЛ – 250 с

интенсивностью освещения 90 лк». Автор отмечает, что основные биохимические показатели лакирующих коров улучшились. Отмечается повышение иммуноглобулиновых фракций белка, что указывает на усиление иммунологической реактивности животных

Автор утверждает: «увеличение интенсивности освещения с 90 до 120 лк при использовании ламп ДРЛ не оказал существенного влияния на физиологические показатели и уровень молочной продуктивности коров». При этом потребление электроэнергии возрастает существенно (рисунок 1.9) [155].

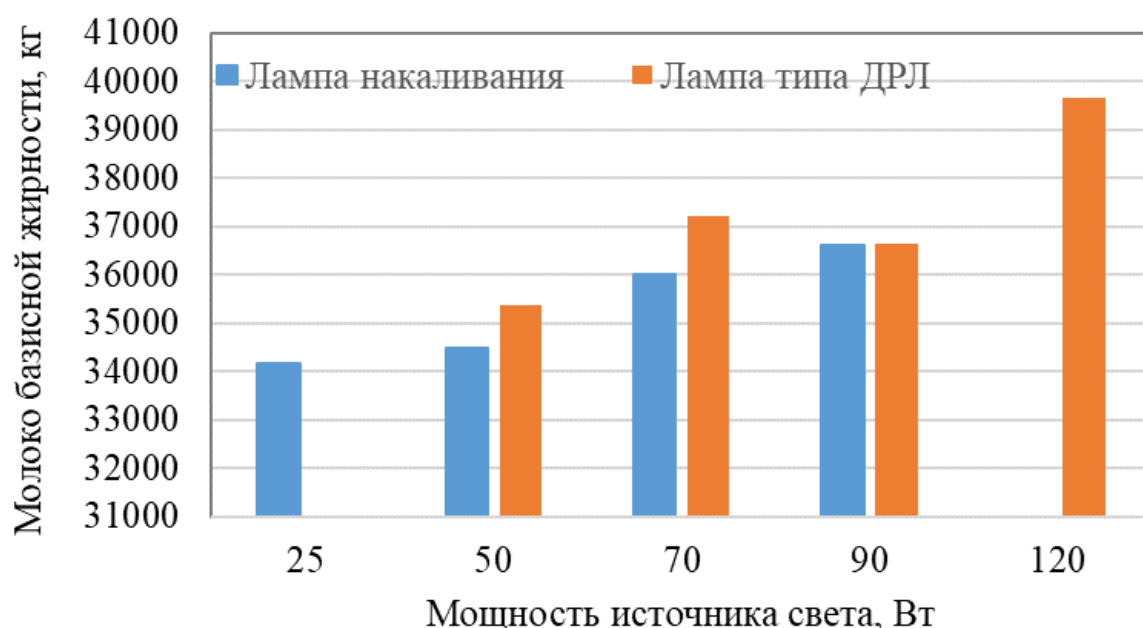


Рисунок 1.9 – Изменение продуктивных качеств коров с учетом различных источников света [155]

Казаков А.В отмечает: «Динамика изменения надоя у коров на заключительной стадии лактации проходила с положительной разницей для коров опытных групп. За время эксперимента определено, что среднесуточный надой за учетный период в первой группе составил 13,36 кг, что превышает контрольный показатель на 25,5 % ( $P > 0,95$ ), во второй группе надой на голову составил 11,22 кг, что выше контрольного показателя на 11,3 %. В группе животных с лампами ДНаТ по сравнению со 2-й группой кормовая активность была выше на 8,3 %, отмечались более низкие значения показателя «беспокойство» – на 60,7 %, суточный режим поведения был более

упорядоченным (индексы режима поведения составили 1,6 и 1,2)». В исследованиях отмечено, что при освещении помещения лампами типа ДРЛ продолжительностью светового дня 17 часов наблюдается наибольшее повышение продуктивности животных [109, 113] (таблицы 1.1, 1.2).

Таблица 1.1 – Воздействие освещения продуктивность коров

| Параметр                                                                      | Опытная группа<br>с лампами<br>ДНаТ                   | Контрольная<br>группа<br>с лампами ДРЛ              |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Световой режим                                                                | ИО                                                    | -                                                   |
| Освещенность, лк                                                              | 100                                                   | 10-30                                               |
| Количество коров в коровнике, гол.                                            | 200                                                   | 200                                                 |
| Количество коров-аналогов, гол.                                               | 11                                                    | 11                                                  |
| Среднесуточный удой на гол., кг<br>Постановочный<br>Февраль<br>Март<br>Апрель | 24,10±1,42<br>23,72±1,21<br>21,67±1,23<br>19,90±1,75* | 24,08±1,5<br>24,09±1,74<br>19,08±1,38<br>17,50±1,46 |
| Оплодотворено за февраль-апрель, голов, %                                     | 28<br>31,1±3,2                                        | 26<br>20,3±2,6                                      |
| Оплодотворено за май – июль, голов, %                                         | 11<br>12,2±3,4                                        | 15<br>11,7±4,1                                      |
| Оплодотворено коров аналогов, голов, %                                        | 9<br>81,8±4,7*                                        | 7<br>63,6±5,8                                       |
| Продолжительность сервис-периода, дней                                        | 87±10                                                 | 133±15                                              |
| Количество патологий при отелах, %                                            | 12<br>8,3                                             | 15<br>15,6                                          |

А.В. Казаков также отмечает: «Излучение ламп ДНаТ при интенсивности 120 лк положительно повлияло на суточный режим поведения и молочную продуктивность коров. Результаты исследований согласуются с данными о регулирующей роли мелатонина в суточной ритмике и продуктивности лактирующих коров». Увеличение уровня освещенности ведет повышенному потреблению электроэнергии, дальнейшее повышение уровня освещенности не влияет на уровень продуктивности животных. Таким образом, можно сказать, что для подавления секреции мелатонина данным типом источника света уровень освещенности положительно влияет на продуктивные качества коров.

Исследования, проведенные докторами биологических наук А.В. Казаковым и Б.Н. Орловым [110, 112], показали, что световой режим имеет больше значение для повышения энергии роста и развития телят (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Показатели живой массы телят при дополнительном освещении

| Показатели                            | Опыт  | Контроль |
|---------------------------------------|-------|----------|
| Индексы двигательной активности телят |       |          |
| Спят днем                             | 13,86 | 11,38    |
| Лежат днем                            | 16,28 | 17,95    |
| Стоят ночью                           | 5,42  | 9,99     |
| Лежат ночью                           | 24,0  | 20,0     |
| Индексы жвачки                        |       |          |
| Ночь                                  | 7,42  | 6,41     |
| День                                  | 5,60  | 6,80     |

Согласно методике проведения эксперимента освещенность с контрольными животными поддерживалась до 15 лк лампами накаливания (75 Вт). В клетках с опытными животными автоматически увеличивалась люминесцентными лампами в утреннее и вечернее время до 90 лк. Высота установки составляла 2,5 м. В опытной и контрольной группе в течение суток на двигательная, кормовая активность была одинаковой. Под воздействием Дополнительное освещение положительно влияет на режим питания телят, что способствует лучшему усвоению пищи, сохранению ресурсов организма и соответственно ведет к увеличению их продуктивности и сохранности.

В исследованиях Р. С. Абросимовой, Л. М. Тихомировой, В. М. Юркова [241, 242, 305, 306] определено, что интенсивность освещения в пределах 50–200 лк способствует увеличению молока, улучшению оплодотворяемости и сокращению сервис-периода. Однако в литературе имеются разные сведения о верхних и нижних уровнях дополнительного освещения, продолжительности светового периода для животных, а существующие отраслевые нормы

освещенности ориентированы на минимальные уровни без учета продолжительности и спектрального состава освещения.

В исследованиях А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторова, Л.Н. Гончаровой, А.П. Гречанова, Д.М. Гладина, Ю.А. Пильщиковой [71, 76, 99, 100, 101, 103, 187, 188] выявлено, что воздействие различных светильников со светодиодами с изменяемой цветовой температурой и схемой освещения существенно влияет на жизнеспособность и продуктивность птицы. Установлено, что при программе содержания кур яичного направления 2С:5Т:3С:2Т:3С:9Т наилучшие результаты достигаются при цветовой температуре в 5000 К, позволяет по сравнению с контролем повысить яйценоскость кур на 4,6 %, на 1,8 % массу яиц, на 6,3 % выход яичной массы, на 1,0; 2,7 и 1,1 % яиц высшей, отборной и первой категории, при уменьшении корма на 10 штук яиц и 1 кг яичной массы на 1,4 либо это соответствует 3,0 %. Освещение светильниками белого теплого спектра позволило повысить сохранность и живую массу кур промышленного стада.

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук М. Зонов отмечает, что при применении круглосуточной освещенности в первые 2 – 3 недели (освещенностью до 40 лк) повышается живая масса цыплят. Птицу содержали по следующей схеме: 1-я контрольная – режим освещения принятый в хозяйстве; 2-я опытная – круглосуточное освещение; 3-я опытная – 3С:3Т.

Таблица 1.3 – Показатели опытных данных

| Параметр                                     | 1 режим | 2 режим | 3 режим |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Живая масса птицы на 35-й день роста, г      | 2008,5  | 2003,6  | 2012,8  |
| Сохранность птицы, %                         | 97,6    | 97,5    | 97,7    |
| Затраты корма, кг                            | 1,65    | 1,65    | 1,64    |
| Длительность освещения на 35-й день роста, ч | 740     | 805     | 797     |
| Затраты электроэнергии, кВт                  | 10286   | 11189   | 6908    |
| Цена потребленной электроэнергии             | 15532   | 16895   | 10431   |

Показатели опытной птицы в 3 группе был выше, чем в 1 и 2 опытной группах. В третьей группе цыплят уменьшился падежа от каннибализма.

Отмечено, что применение технологии выращивания птицы при регулируемом режиме работы снижает потребление электроэнергии более чем в 1,8 раза.

Галлямова Т.Р. утверждает: «Исследования проведенные в разных странах (Германии, Канады, США, Великобритании, Италии), утверждают, что нормированная освещенность обеспечивает существенное влияние на здоровье, плодовитость, обмен веществ и продуктивные качества куриц [312, 313, 326, 327]. Согласно существующим нормативным документам, в течении от 14 до 24 ч уровень освещенности рекомендуется от 10 до 100 лк в зависимости от вида кросса птицы, [76, 201, 206, 252, 254]».

В работе J. L. Purswell, Н.А. Olanrewaju, J. E. Linhoss [324] (таблица 1.4) показано, что традиционные источники света с лампами накаливания могут быть заменены на современные энергоэффективные светодиодные различной цветности без отрицательного влияния на показатели роста бройлеров.

Таблица 1.4 – Влияние цветовой температуры светодиодных ламп на живую массу тела птицы на 42-ю неделю

| Виды источников света                                   | Живая масса, кг | Кортикостерон, кг/мл | Падеж, % |
|---------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|----------|
| Лампы накаливания                                       | 3,011           | 2,75                 | 3,333    |
| Светодиодный светильник (тепло - белого спектра 2700 К) | 3,053           | 2,78                 | 1,667    |
| Светодиодный светильник (холодного спектра 5000 К)      | 3,028           | 2,83                 | 1,667    |

Исследования показали, что освещение не повлияло на концентрацию кортикостерона в плазме крови, что свидетельствует об отсутствии физиологического стресса. Живая масса тушек птицы не существенно отличается друг от друга в зависимости от спектра источников света. Падеж птицы снизился на 1,66 % по сравнению с содержанием под лампами накаливания. Исследование показало, что применение светодиодных источников света в условиях промышленных предприятий для содержания бройлеров может быть лучшим альтернативным источником света, чем ламп накаливания для с целью снижения потребления электроэнергии, не вызывая физиологического стресса у бройлеров.

В работах J. Donald, M. Eckman, G. Simpson отмечено, что на 3 сутки птицу приучают к темноте, для исключения давки и гибели птицы при аварийных отключениях [320].

В 1986 г. в трудах американского ученого Марка О. Нортбыла опубликована диаграмма (таблица 1.5) в которой отражены эффекты воздействия спектров источников искусственного излучения на эффективность выращивания птицы.

Таблица 1.5 – Показатели содержания птицы от спектра света источников искусственного излучения [333]

| Показатель                                    | Спектр света |           |        |         |         |
|-----------------------------------------------|--------------|-----------|--------|---------|---------|
|                                               | Красный      | Оранжевый | Желтый | Зеленый | Голубой |
| Улучшение роста                               |              |           |        |         |         |
| Снижение расхода корма                        |              |           |        |         |         |
| Задержка созревания птицы                     |              |           |        |         |         |
| Стимуляция созревания птицы                   |              |           |        |         |         |
| Снижение беспокойства                         |              |           |        |         |         |
| Снижение каннибализма                         |              |           |        |         |         |
| Повышение яичной продуктивности               |              |           |        |         |         |
| Снижение яичной продуктивности                |              |           |        |         |         |
| Увеличение размера яйца                       |              |           |        |         |         |
| Повышение оплодотворяющей способности петухов |              |           |        |         |         |

Отмечено что наиболее благоприятная длина волны 415-560 нм (от фиолетового до зеленого) так как наиболее близка к солнечному излучению при содержании птицы с 4-ой по 11-ю неделю [333].

Таким образом, освещение в животноводческих помещениях способствует улучшению физиологического состояния животных. Системы искусственного освещения обеспечивают регулирование светового дня в различных условиях размещения животноводческих предприятий России. Анализ литературных источников и научных исследований отечественных и зарубежных ученых показывает, что параметры освещения (освещенность, длительность светового дня, равномерность освещения, видимые спектры)

существенно влияют на жизнедеятельность животных. Для этого предложено множество технологий, которые удовлетворяют только одному или нескольким критериям, например, яйценоскость птицы или повышение продуктивности коров, а другие показатели не учитываются, такие как энергопотребление светильников, затраты корма.

В результате предприятие несет убытки из-за неучета в комплексе всех факторов, оказываемых системой освещения. Такое положение образовалось из-за отсутствия единой концепции освещения в животноводческих помещениях.

Среди специалистов и ученых нет единого и однозначного мнения в оценке эффективности применения различных источников света, которые существенно отличаются энергетическими, светотехническими и габаритными параметрами. Поэтому технологии освещения в животноводческих помещениях дают различные результаты в оценке оптимальной освещенности при содержании животных, повышения продуктивности и снижения себестоимости продукции животноводства. Поэтому одним из путей улучшения качества освещения в животноводческих помещениях является обобщение всех входных и выходных факторов, влияющих на животных и экономические показатели, при разработке светотехнических приборов и их систем управления. Наилучшими энергетическими и технико-экономическими показателями обладают светодиодные источники света.

## **1.2 Анализ систем освещения животноводческих помещений**

Разработка осветительных установок в животноводстве направлена на увеличение длительности светового дня в животноводческих помещениях в условиях умеренных и северных широт климатического пояса России и других стран. В сельхозпредприятиях эксплуатируется в основном ранее приобретенное оборудование на базе ламп накаливания, РЛВД и РЛНД [9, 10, 30, 82].



Например, по исследованиям О.Ю. Коваленко [119, 120], до сих пор основу типовых проектов составляют проекты, выполненные в соответствии с нормами технологического проектирования ферм крупного рогатого скота [86, 171], в которых уровни освещенности регламентированы без учета влияния света на резистентность и продуктивность животных. Одной из задач снижения затрат на содержание животных является применение экономичных систем освещения на предприятиях. На предприятиях необходимо выработать соответствующий подход, гарантирующий выполнение технических, технологических, экономических и эксплуатационных требований, предъявляемых производителями сельскохозяйственной продукции к технологическому оборудованию.

В настоящее время промышленностью выпускается различные варианты технических решений для освещения животноводческих помещений (рисунок 1.10) [3, 4, 9, 122].

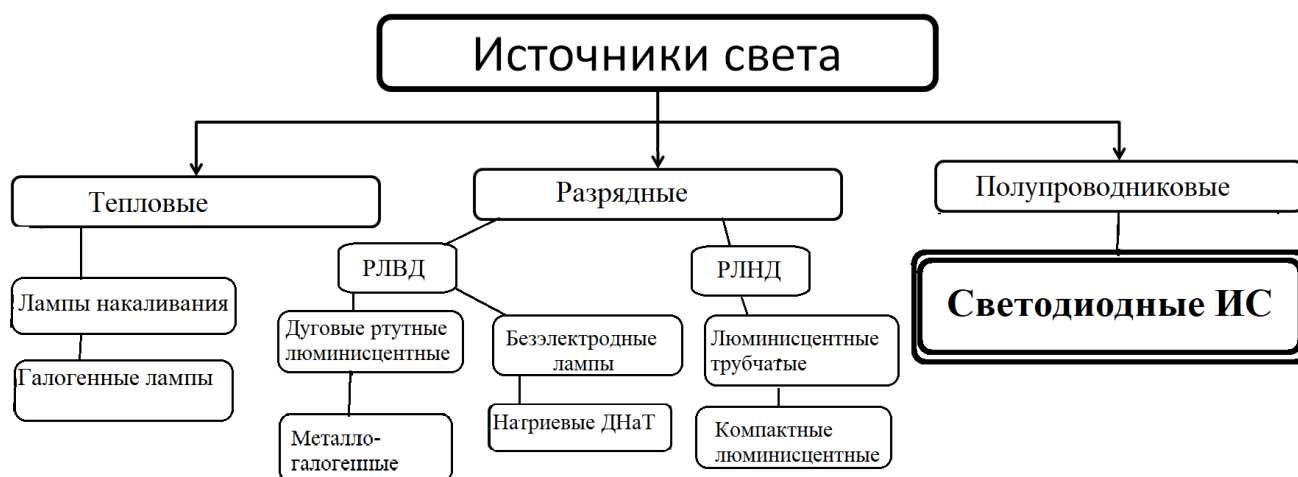


Рисунок 1.10 – Классификация источников света для животноводческих предприятий

Повышенное потребление электроэнергии при использовании традиционных ламп накаливания ограничивает их применение во многих странах (таблица 1.6) [87, 196].

Во многих странах Европейского Союза поставлена цель – сократить общий объем потребления электроэнергии на 20 %. Для этого были разработаны специальные директивы, регламентирующие деятельность в данном направлении [87, 159].

Таблица 1.6 – Начало действия запрета на использование ламп накаливания в разных странах

| Страна         | 2010       | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      |
|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| США            |            |           | 100 Вт    | 75 Вт     | 40; 60 Вт |
| Канада         |            |           | 100 Вт    | 75 Вт     | 40; 60 Вт |
| Китай          |            |           | 100 Вт    |           | 75; 60 Вт |
| Мексика        |            |           | 100 Вт    | 75 Вт     | 40; 60 Вт |
| Россия         |            |           |           |           | Запрещено |
| Куба           | Запрещено  |           |           |           |           |
| Аргентина      |            | Запрещено |           |           |           |
| Евросоюз       | 100; 75 Вт | 60 Вт     | 15-40 Вт  | Запрещено |           |
| Великобритания | 100; 75 Вт | 60 Вт     | 15-40 Вт  | Запрещено |           |
| Южная Корея    |            |           | Запрещено |           |           |
| Япония         |            |           | Запрещено |           |           |
| Малайзия       |            |           |           |           | Запрещено |
| Австралия      | Запрещено  |           |           |           |           |

В 2009 г. вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [249], который устанавливает ограничения в области энергоемких источников света, направлен на стимуляцию энергосбережения, повышение энергоэффективности, снижение энергопотребления. Концепция развития полупроводникового освещения является приоритетным направлением промышленного развития и государственной поддержки как в Европе и США, так и в Азии и в России. Задача ускоренного внедрения энергосберегающего освещения в России в настоящее время активно продвигается на государственном уровне. Проект «Новый свет», реализуемый Правительством РФ. Поэтапный переход с ламп накаливания на энергоэффективное осветительное оборудование направлен Федеральной целевой программой

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» [193, 193].

Для освещения животноводческих помещений в настоящее время используются энергозатратные осветительные установки (таблица 1.7) [3, 4, 97, 98, 122, 168, 213, 216, 237, 261].

В данный момент не существует единого мнения по нормам освещенности при различной технологии выращивания животных. Режимы и системы освещения отличаются в различных хозяйствах. В настоящее время продолжается роста цен на энергоносители, заметен рост цены осветительного оборудования, источников света ламп и соответственно вопрос внедрения технологий которые позволяют сократить затраты является актуальным. В данный момент не существует единого мнения по нормам освещенности при различной технологии выращивания животных.

Таблица 1.7 – Сравнение технических характеристик источников излучения

| Общий вид<br>Описание                          | Рабочая<br>темпера-<br>тура, °C | Срок<br>службы, час. | Светоотда-<br>ча, лм/Вт | Цветовая<br>температура, К | Мощность,<br>Вт |
|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|
| Ртутные лампы<br>высокого давления<br>(ДРЛ)    | ~700                            | 7000...10000         | 40...60                 | 6800...7000                | От 50 до 2000   |
| Линейные<br>люминесцентные<br>лампы (ЛБ)       | <50                             | 5000...20000         | 40...90                 | 2100...25000               | от 15 до 80     |
| Компактные<br>энергосберегающие<br>лампы (КЛЛ) | <60                             | 5000...10000         | 40...65                 | 2100...25000               | от 5 до 150     |
| Натриевые лампы<br>высокого давления<br>(ДНаТ) | ~400                            | 10000...30000        | ~70...150               | ~1900...2100               | от 50 до 4000   |

Режимы и системы освещения отличаются в различных хозяйствах. В настоящее время продолжается роста цен на энергоносители, заметен рост цены осветительного оборудования, источников света ламп и соответственно вопрос внедрения технологий которые позволяют сократить затраты является актуальным. Растущие цены на электричество, возрастающие опасения

изменений климата, а также стремление к энергетической независимости – все эти факторы заставляют мировой рынок освещения изменяться в пользу более энергоэффективного освещения.

В настоящее время производители (совершили качественный скачок по показателям светоотдачи, мощности, сроку службы светодиодов (таблица 1.8) [72, 78, 97, 98, 114, 115].

Таблица 1.8 – Характеристики светодиодов

| Наименование                  | Срок службы, час | Рабочая температура, °C | Светоотдача, лм/Вт | Цветовая температура, К | Мощность, Вт |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------|
| Светодиодные модули (матрицы) | 50000...100000   | До +85                  | 100...150          | 2700...6500             | 36...40      |
| Маломощные светодиоды         | 50000...100000   | до +65...+80            | 70...83            | 3000...6000             | 0,06...0,5   |
| Мощные светодиоды             | 50000...100000   | До +85                  | 14...50            | 2700...5600             | 0,5...1      |

Светодиоды имеют устойчивый спрос и находят их применение на рынке. Управляющая электроника осветительного оборудования является одной из затратной статьей расходов. Доля мирового рынка светодиодов потребления светодиодной продукции растет и активно развивается в условиях производства [168, 170, 195].

В исследованиях Global Industry Analysts Inc: «Объем мирового рынка общего освещения оценивается на уровне 40 млрд. долларов, а темпы его роста составили 4...5 %» [218].

В 1992...1995 гг. фирме Nichia Chemical Industries (Япония) начала выпуск светодиодов на основе многопроходных гетероструктур нитрида галлия, это дало новый скачок для увеличения производства и выпуска светодиодов. Nichia Chemical Industries (Япония), Hewlett Packard (США), Sanken Electric Co (Япония) и ряд других фирм начали промышленный выпуск высокоэффективных повышенной яркости светодиодов.

Светодиоды имеют свойство формировать различные формы кривых силы света (КСС). Перераспределение светового потока светодиодов в пространстве возможно светотехнической арматурой и расчетах их применяют в виде точечных источников света способных создавать направленное свечение (рисунок 1.11).

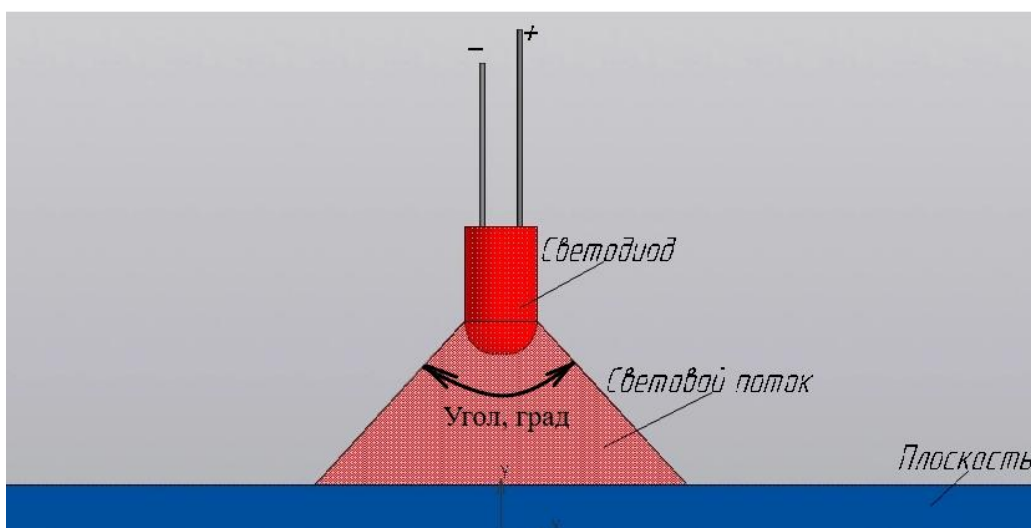


Рисунок 1.11 – Распределение светового потока от светодиода

В настоящее время выпуск и разработка светодиодов совершенствуется и для усовершенствования технические характеристики. Одним из факторов который влияет на срок службы светодиода, является температура кристалла светодиода при его работе. С повышением температуры сопротивление полупроводника может уменьшиться, за счет увеличения тока происходит пробой и перегорание светодиода, соответственно снижение светового потока осветительных приборов.

Согласно [146] срок службы светодиода, а следовательно и светодиодного изделия, определяется рабочим током прибора, рассеиваемой мощностью и температурой как на кристалле, так и окружающей среды. Срок жизни электронных компонентов, в том числе светодиодов, удваивается при уменьшении температуры эксплуатации на каждые 10 градусов температуры (рисунок 1.12).

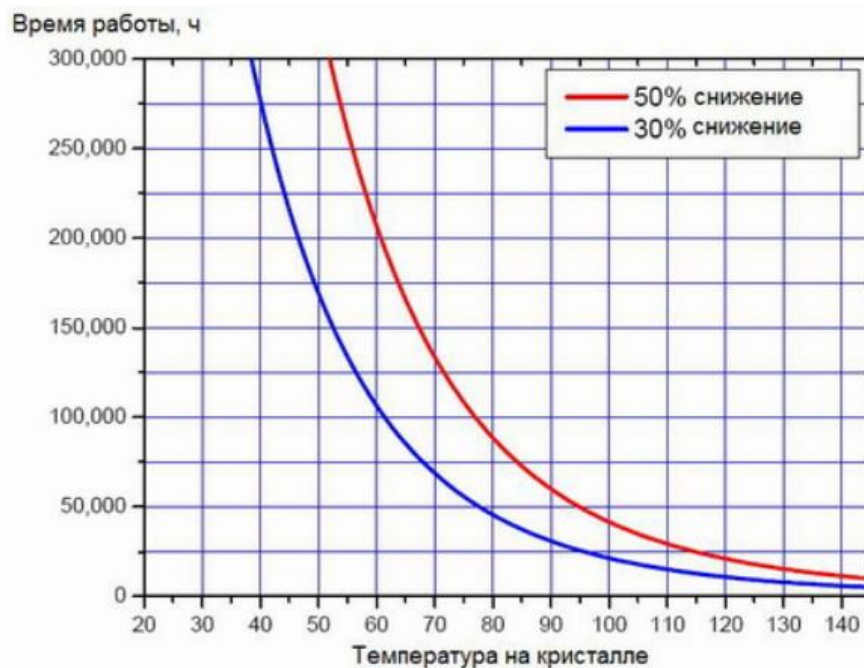


Рисунок 1.12 – График зависимости срока службы от температуры на кристалле

Для реализации линейного источника света светодиоды компонуют в осветительные приборы с различной КСС (рисунок 1.13).

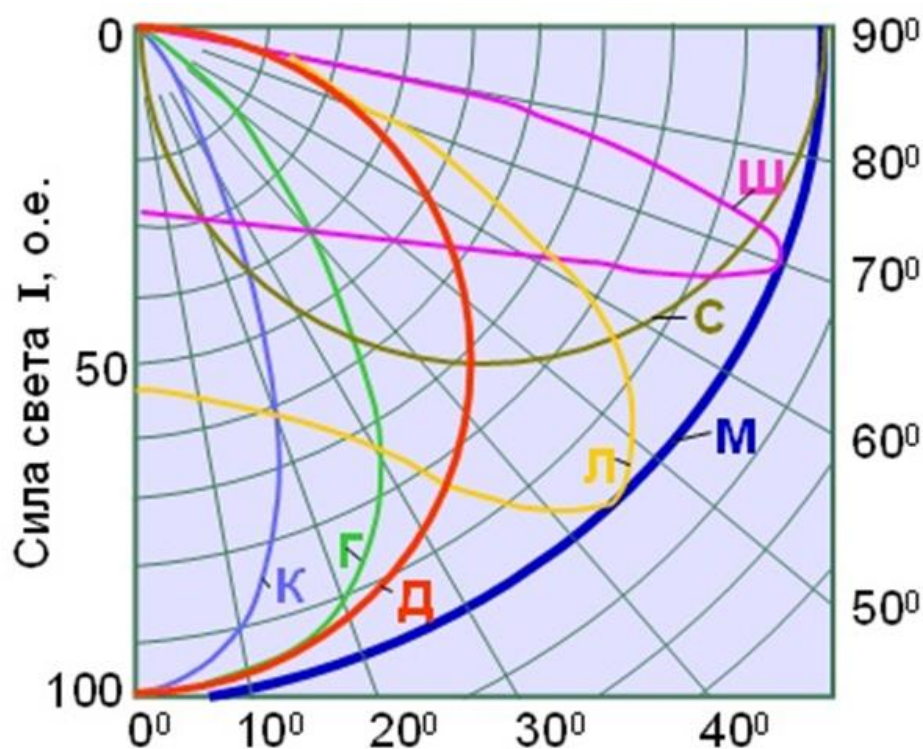


Рисунок 1.13 –Кривые силы света:

К – концентрированная; Ш – широкая; Д – косинусная;  
Л – полуширокая; Г – глубокая; М – равномерная; С – синусная [3, 4]

Согласно ГОСТ Р 54350 – 2015, светораспределение освещенности поверхности зависит от вида КСС осветительного прибора [3, 4, 16, 32, 33, 36, 37]. Угол расхождения светильников зависит от конструкции осветительного прибора и источников света в нем.

От воздействия внешних факторов используют крышку из прозрачного или матового материала (рисунок 1.13). В зависимости от материала крышки (прозрачный, матовый) световой поток снижается. В матовом слое, от 60 – 90 %, происходит отражение светового потока теряется мощность излучения светильника. Световой поток по поверхности в помещении определяется распределением КСС и распределением светильников в помещении, отношением расстояния между светильниками и высотой подвеса. Следовательно, выбор размещения светильников непосредственно связан с формой КСС светильника.

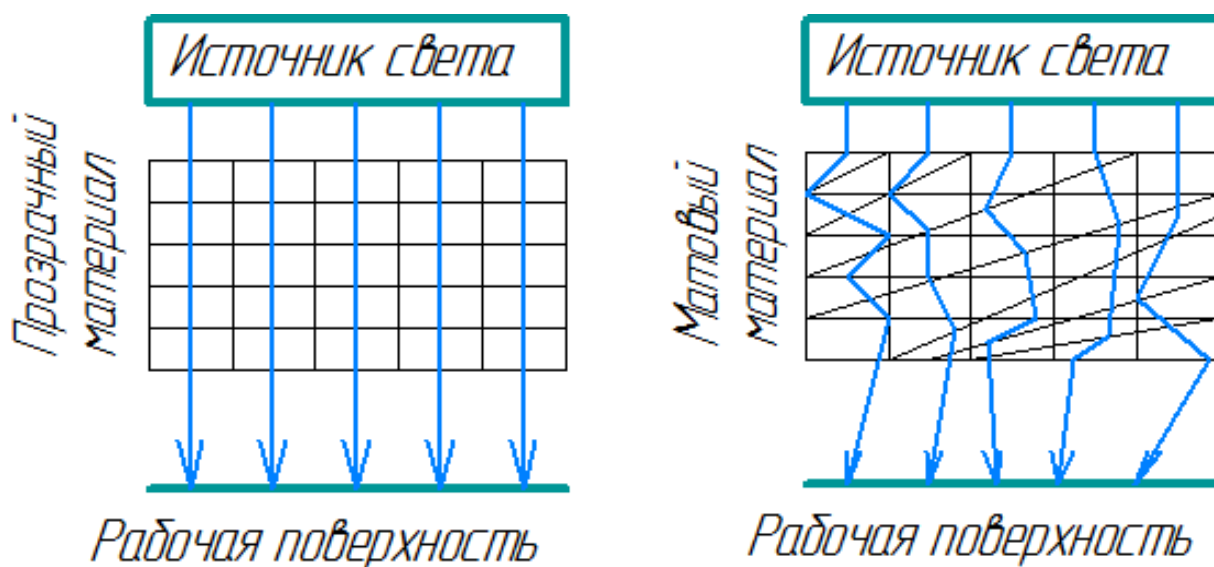


Рисунок 1.13– Распределение светового потока

Во вторичной оптике светильников возрастают потери светового потока из-за его перераспределения. Минимальная нормированная освещенность рабочей поверхности в животноводческих помещениях обеспечивает норму согласно документации «ОСН-АПК 2.10.24.001-04» [171]. При увеличении неравномерности освещения увеличиваются потребление установленной мощности и, соответственно, потребление электроэнергии.



Промышленностью производятся светодиодные светильники для животноводства с мощными светоизлучающими диодами. Теплоотвод светильников обеспечивается наличием радиаторов, что в свою очередь ведет к удорожанию осветительной установки в целом. Технические характеристики работы некоторых параметров светодиодных светильников приведены в таблице 1.9 [72, 167, 168].

Таблица 1.9 – Технические характеристики светодиодных светильников

| Параметры                             | DS-AGRO A             | СПО                   | СТ800                 | AGRO LED              |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Потребляемая мощность, Вт             | 50 Вт                 | До 70 Вт              | До 35 Вт              | До 33 Вт              |
| Напряжение питания, В                 | 198...222 В           | 177...260 В           | 180...230 В           | 174...264 В           |
| Светоотдача, лм/Вт                    | не менее<br>118 Лм/Вт | не менее<br>112 Лм/Вт | не менее<br>108 Лм/Вт | не менее<br>160 Лм/Вт |
| Тип КСС                               | Ш широкая             | Д косинусная          | Д косинусная          | Д косинусная          |
| Световой поток                        | 3540 лм               | 28000 лм              | 3800 лм               | 4700                  |
| Степень защиты от внешних воздействий | IP 65                 | IP 65                 | IP 66                 | IP 66                 |
| Температура цвета                     | 4700                  | 2800-5500             | 3800                  | 3800                  |

Расстояние между светильниками как в продольной так и в поперечной составляющих их высота подвеса являются основными параметрами от которых зависит размещение осветительных приборов в помещении. При увеличении расстояния между светильниками увеличивается неравномерность освещения, освещенность уменьшается как в продольной так и в поперечной составляющей рабочей поверхности помещения (рисунок 1.14). В основном норму освещенности в помещении обеспечивают наращиванием количества светодиодных светильников, при этом в разы растет мощность осветительной системы и количество затраченной электроэнергии для освещения помещения, это ведет к росту стоимости продукции животноводства. Светораспределение светильников определяется кривой силой света и их высотой монтажа над поверхностью.



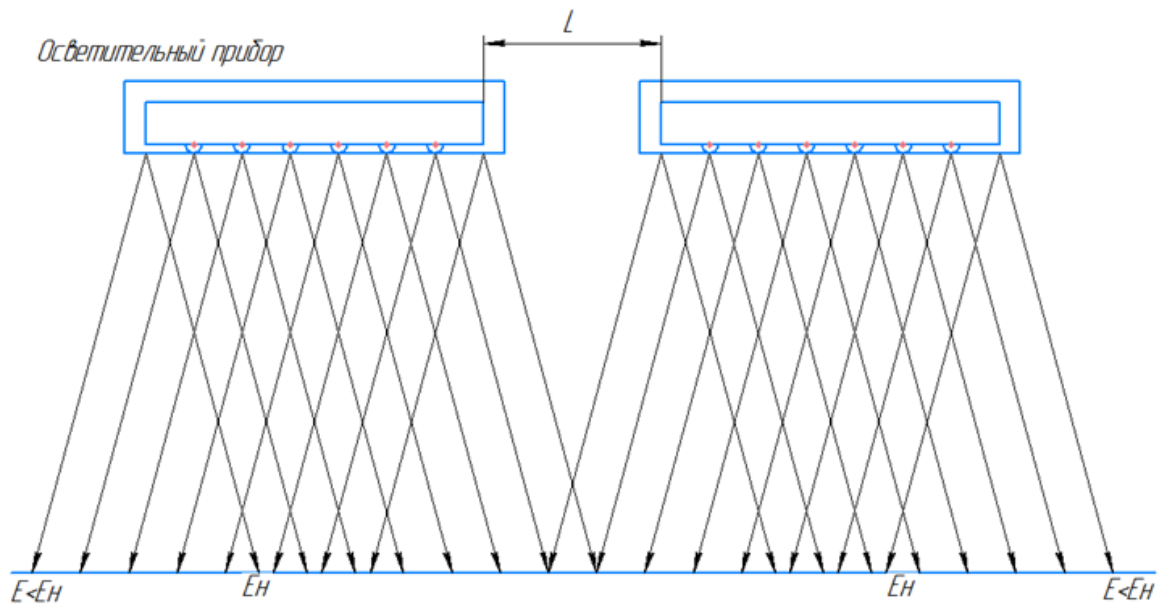


Рисунок 1.14 – Монтаж осветительных приборов при продольном расположении

Для обеспечения качества освещения, а именно обеспечение нормы освещенности и коэффициента неравномерности в светотехнических расчетах обращают внимание на конструкцию осветительных приборов их расстояния в продольной и поперечной составляющей, высотой монтажа над расчетной поверхностью, их количеством и мощностью. Поэтому для обеспечения нормированной освещенности, предусмотренной отраслевыми нормами [162], необходим научно обоснованный расчет осветительной системы с разработкой методики для определения конструктивных параметров осветительных приборов.

Расчетные исследования по определению эффективной системы освещения проведены на основе типового птичника с напольным содержанием птицы, на основе программы Dialux (таблица 1.10, рисунок 1.15). При высоте подвеса светильников на высоту 2,8 м и обеспечении нормированной освещенности на рабочей поверхности (на полу) 60 лк суммарная мощность системы составила 1200 Вт при мощности ламп 10 Вт, неравномерность освещения составила порядка 1,45.

Таблица 1.10 – Результаты расчетов на основе программы Dialux

| Марка светильника   | Мощность светильника, Вт | Цветовая температура, К | Световой поток, лм | Тип КСС | Мощность системы, Вт | Количество ОП, шт. | Коэффициент неравномерности $z$ |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------------------------------|
| LL-Tube-050-00110   | 10                       | 4000                    | 1100               | Д       | 1200                 | 120                | 1,45                            |
| LL-Tube-050-00120   | 20                       | 4000                    | 2200               | Д       | 1260                 | 63                 | 1,7                             |
| LL-Tube-050-00130   | 30                       | 4000                    | 3300               | Д       | 1320                 | 44                 | 2,1                             |
| Оптолюкс - Лайн-120 | 40                       | 4000                    | 3200               | Д       | 1200                 | 40                 | 2,3                             |
| DS-AGRO 60          | 60                       | 4700                    | 8580               | Д       | 1800                 | 30                 | 2,4                             |

Применение осветительных установок большей мощности ведет к снижению их количества, но при этом ухудшается качество освещения. В частности, увеличивается коэффициент неравномерности освещения (согласно расчетам - при мощности осветительной установки 20 Вт коэффициент неравномерности составил порядка 1,7).

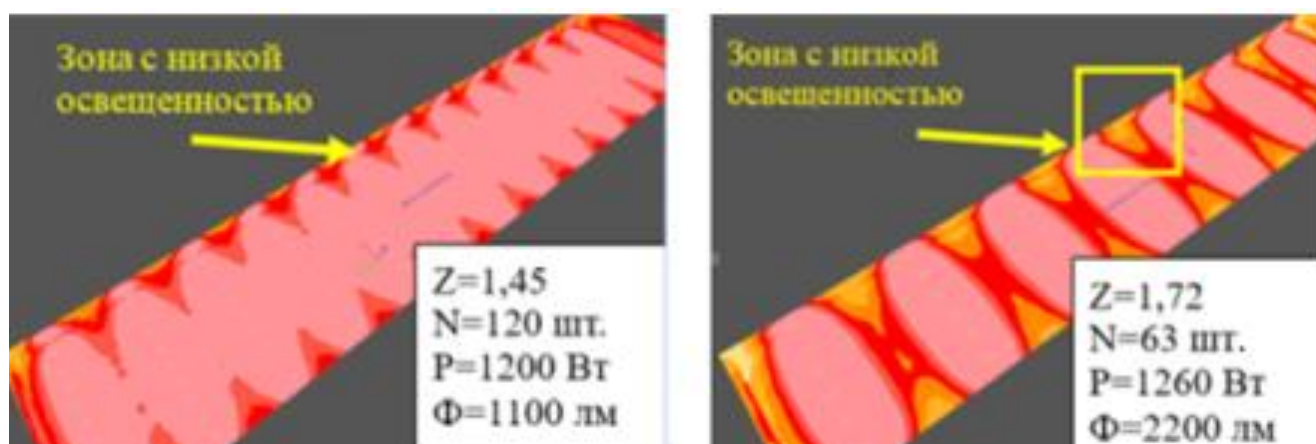


Рисунок 1.15 – Распределение освещенности в птичнике с различными осветительными приборами разной мощности:

а) лампы LL-Tube-050-00110 10 Вт;

б) лампы LL-Tube-050-00120 20 Вт

Одной из основных проблем освещения птичника при напольном содержании является обеспечение максимально возможной равномерности

освещения большой площади помещения с целью достижения нормы освещенности рабочей поверхности. В большинстве случаев при повышении нормы освещенности в животноводческих помещениях используют светодиодные осветительные приборы большей мощности, что ведет к ухудшению качества освещения, а именно увеличению коэффициента неравномерности освещения и повышению мощности системы освещения в целом.

Для освещения птичника использовались светодиодные осветительные приборы (ОП) фирмы «ЛидерЛайт» [168], предназначенные для освещения животноводческих помещений, марки LL-Tube мощностью 10 Вт, 20 Вт и 30 Вт.

Обеспечение коэффициента неравномерности освещения, не изменяя потребляемой мощности системы освещения, обеспечивается снижением высоты монтажа светодиодных светильников, но в большинстве случаев невозможно из-за технологического процесса. Нормированную освещенность и снижения коэффициента неравномерности освещения в горизонтальном продольном распределении светового потока повышают количество применяемых осветительных приборов. Данное мероприятие повышает количество осветительных приборов и соответственно увеличиваются затраты на электроэнергию, стоимость системы освещения, эксплуатационные затраты на обслуживание светильников, а также повышается себестоимость продукции животноводства в целом.

На практике замена традиционных осветительных установок на энергосберегающие осветительные приборы на основе светодиодов позволяет добиться снижения энергопотребления системы освещения. Однако заводами-изготовителями выпускаются множество модификаций осветительных установок общепромышленного назначения, установка которых в животноводческих помещениях не позволяет обеспечить качество освещенности на рабочей поверхности по разным причинам: не обеспечиваются нормы и равномерность освещения при минимальных затратах электроэнергии, не учитывается распределение КСС. Такое положение сводится к установке дополнительных светильников, что в результате

увеличивает энергопотребление и часть пространства в помещении освещается не по назначению. Одним из путей снижения электропотребления и обеспечения качественным освещением при выращивании и содержании животных является научно – обоснованная разработка и конструирование принципиально новых светодиодных источников света, которые открывают новые возможности и перспективы создания технических способов и средств освещения. Таким образом, для обеспечения стабильной жизнедеятельности животных необходимо обеспечить нормируемую освещенность и равномерность освещения. Как показывает практика, согласование нормированной освещенности с его равномерностью в животноводческих помещениях выполняется путем увеличения количества светильников или увеличения мощности осветительных приборов. Тогда на первый план выходит показатель энергопотребления системы освещения. Добиться оптимальных значений всех параметров не удастся из-за того, что заводами-изготовителями конструируются осветительные приборы общепромышленного использования, не учитывающие особенности животноводческих помещений. Поэтому важным направлением науки и техники является разработка осветительных светодиодных приборов для животноводческих помещений, позволяющих добиться нормированной освещенности, равномерности освещения, минимального энергопотребления и обеспечить высокую эффективность содержания животных.

### **1.3 Анализ систем управления освещением в животноводческих помещениях**

У различных животных индивидуальные потребности к спектру и уровню освещенности (таблица 1.13) [171].

В технологиях искусственного освещения животноводческих помещений используют комбинированные системы. Например, регулировать длительность светового дня в коровнике можно с помощью электрических схем автоматизации для досвечивания в утренние и вечерние часы

Таблица 1.11 – Нормы освещенности в животноводческих помещениях

| Рабочая поверхность                                                             | Плоскость, в которой нормируется освещенность | Освещенность при лампах, лк |    | Дополнительные указания                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                 |                                               | ЛН                          | ЛЛ |                                                                                                                |
| Помещения для напольного содержания яичных кур промышленного и племенного стада |                                               |                             |    |                                                                                                                |
| Пол                                                                             | Горизонтальная                                | 30                          | 60 | Обеспечить регулирование освещенности в диапазоне 10-100 лк в зависимости от кросса и требований производителя |
| Помещения для клеточного содержания яичных кур промышленного и племенного стада |                                               |                             |    |                                                                                                                |
| Кормушки                                                                        | Горизонтальная                                | 30                          | 60 | Обеспечить регулирование освещенности в диапазоне 5-60 лк                                                      |
| Помещения для коров при привязном и беспривязном содержании                     |                                               |                             |    |                                                                                                                |
| Пол, зона расположения кормушек                                                 | Горизонтальная                                | 75                          | 30 | Зона кормления<br>Во время доения освещенность на уровне вымени коровы должна быть не менее 150 лк             |
| Пол, зона расположения кормушек                                                 | Горизонтальная                                | 50                          | 20 | Стойла, секции, боксы<br>Во время доения освещенность на уровне вымени коровы должна быть не менее 150 лк      |
| Помещения для свиней                                                            |                                               |                             |    |                                                                                                                |
| Пол, зона кормушки                                                              | Горизонтальная                                | 75                          | 30 | В помещениях для хряков-производителей, свиноматок и молодняка свиней                                          |

. Это приводит к повышению продуктивности коров, а именно удоев на 10-14 %, что обеспечивает предприятию дополнительный экономический эффект [1]. Например, для птичников регулирование оптимальной освещенности позволяет косвенно управлять процессами физиологического развития животных, обеспечивать более комфортные условия содержания и добиваться существенного роста продуктивности стада [2].

Однако применение искусственного освещения сопровождается затратами на электроэнергию. Поэтому современные сельскохозяйственные предприятия стремятся совершенствовать системы искусственного освещения в направлении применения более экономичных осветительных приборов, плавного регулирования освещенности и длительности светового дня. К мероприятиям по экономии электроэнергии можно отнести регулирование освещенности. Однако, согласно отраслевым строительным нормам

ОСН-АПК 2.10.24.001-04, освещенность в животноводческих помещениях строго регламентируется в зависимости от породы скота и кросса птицы [3].

Для содержания птицы рекомендуется применять системы освещения с функцией «рассвет-закат», которую не сложно реализовать в системе с лампами накаливания и, довольно сложно и экономически нецелесообразно, в системе с люминесцентными лампами (рисунок 1.15).

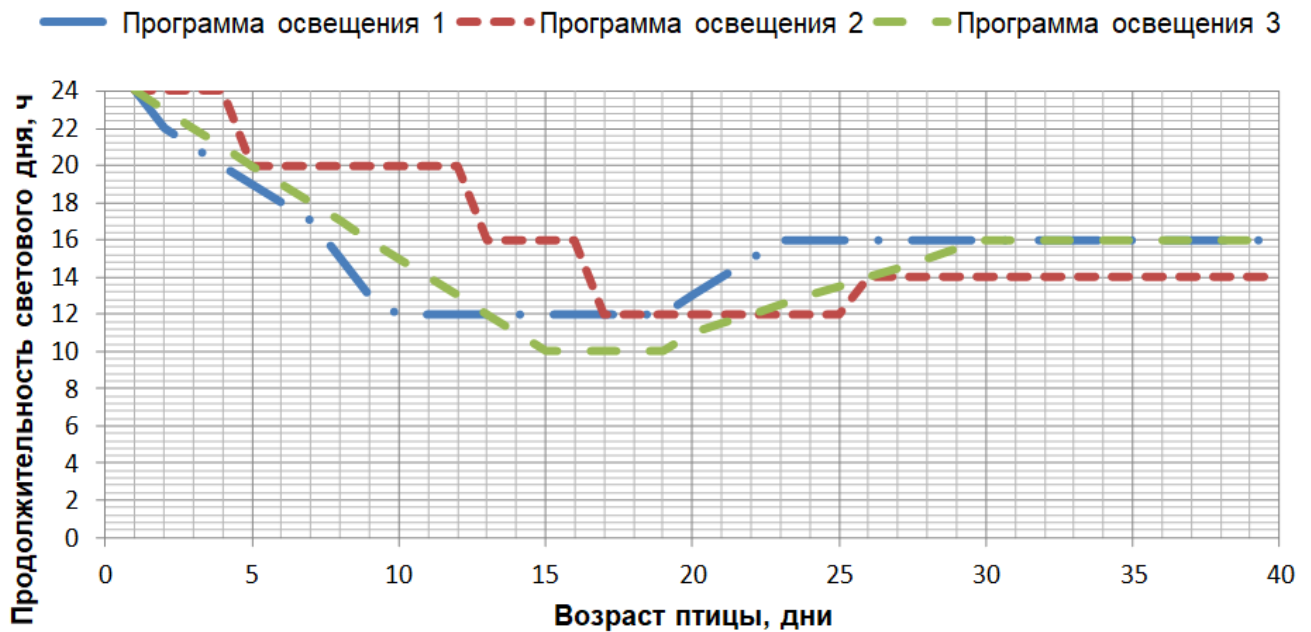


Рисунок 1.15 – Примеры программ освещения птичников [16]

В настоящий момент не существует единой технологии выращивания птицы. Режимы выращивания отличаются не только между различными хозяйствами, но и между различными кроссами. Расположение светильников в птичниках совместно с программой освещения позволяет: влиять на возраст полового созревания; обеспечить оптимальный режим развития птицы; увеличить яйценоскость, длительность периода яйцекладки, размер яиц и их массу, прочность скорлупы; повысить оплодотворяемость; снизить бой яиц; увеличить выживаемость молодняка; снизить затраты кормов и улучшить их усвояемость; снизить травматизм птицы и затраты на электроэнергию в 1,5 – 2,8 раза [16].

Также в птичниках используют различную освещенность на разных этапах развития птицы [5] (рисунок 1.16).

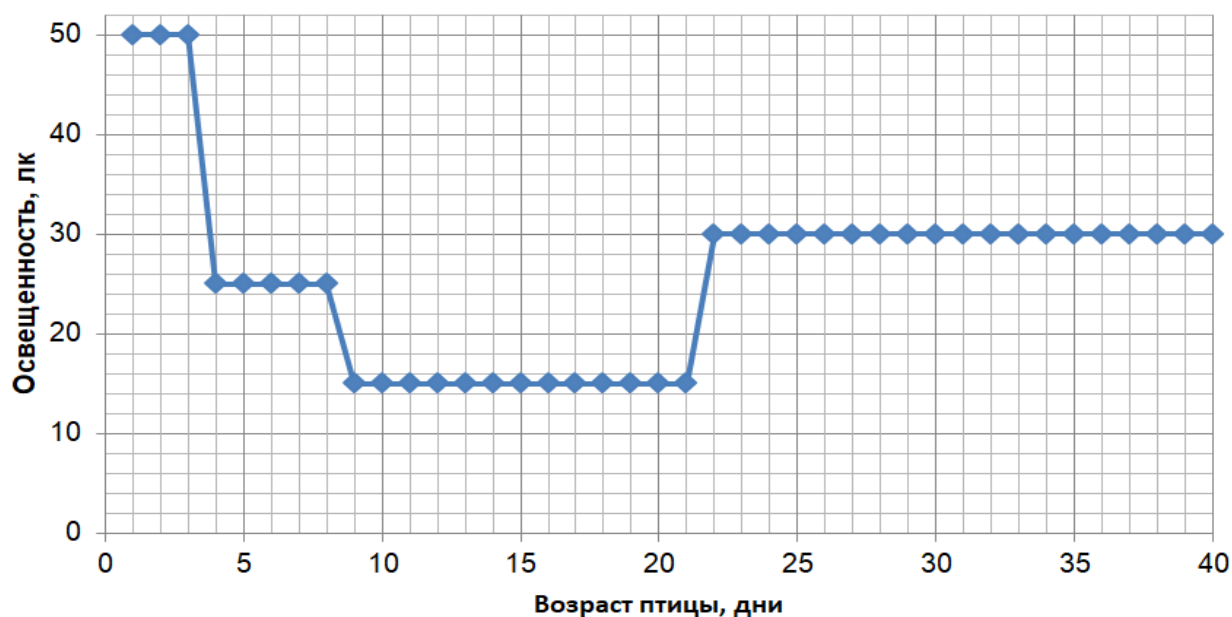


Рисунок 1.16 – Изменение освещенности по возрасту птицы [5]

Режимы освещения, в которых постепенное сокращение в период выращивания и возрастание в продуктивный период светового дня, получили наибольшее распространение с точки зрения технологии выращивания птицы. Причем в период с 1-ого по 17-18-й день выращивания в освещении преобладает синий и зеленый спектр, а с 18 по 40 день – красный и оранжевый спектр.

Регулирование освещенности и режимов работы светильников является одним из мероприятий экономии электроэнергии. На практике встречаются экономические режимы энергопотребления прерывистого освещения [6, 24, 40]. Причем в некоторый период содержания у прерывистого режима освещения есть достоинства: повышается яйценоскость на 3–6 %, повышается масса яиц и прочность их скорлупы, удлиняется период продуцирования птицы на 2–4 %, снижаются затраты корма на 5–6 %, уменьшается потребление электроэнергии на 10–15 %.

Исследования показали [5, 8, 12, 41], что резкое увеличение или уменьшение длительности светового дня оказывает большее влияние на возраст полового созревания в более позднем возрасте животного. Доказано, что оптимальная система освещения позволяет повысить продуктивность животных на 8–15 %. Например, освещенность около 150–300 лк для содержания коров в течение 16-часового дневного периода способствует увеличению продуктивности на 8 % и в то же время возрастанию на 6...8 % потребления корма животными. Вместе с этим удои коров, находящихся 60 дней сухостойного периода в условиях долгого дня (16 ч света и 8 ч темноты), в течение 120 дней лактации стала ниже на 10 %, чем удои коров, находящихся в условиях короткого дня (8 ч света и 16 ч темноты).

Исследования причинно-следственной взаимосвязи освещения с продуктивностью животных, показывают необходимость усовершенствования технического уровня современных систем автоматического управления (САУ) освещением. В настоящее время существует множество систем регулирования и управления освещением: от традиционных программных релейных систем типа ПРУС до светодиодных микропроцессорных адаптивных систем. Рассмотрим современные САУ освещением и выделим их достоинства и недостатки.

Отечественная компания ООО «Микроэл» (Ставропольский край, г. Невинномысск) специализируется на выпуске САУ на логических контроллерах, программируемых работу любых источников света (ламп накаливания, люминесцентных ламп, светодиодных источников света и их комбинаций). Внешний вид щита управления показан на рисунке 1.17.

Данная САУ позволяет: поддерживать уровень освещенности независимо от качества сети источника питания, регулировать освещенность до 1 %, обеспечивать плавные искусственные рассвет и закат, регулировать длительности рассвета и заката, обеспечивать питание светильников суммарной мощностью до 10 кВт на один канал (максимально три канала), использовать около 300 программ с максимальной цикличностью до 600 дней [11].





Рисунок 1.17 – Микропроцессорное устройство МУУС-Ф-15.2010

Несмотря на достоинства и простоту в эксплуатации, такие САУ ограничены в моделировании спектра излучения, который существенно влияет на физиологические параметры животных.

Производители Китайской Народной Республики для животноводческих помещений используют программируемые локальные светодиодные источники света с возможностью регулирования спектра (рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Светодиодный прибор типа Commercial Broiler Automatic Chicken Poultry Farm Light Dimmable Lamp System Equipment

Данные осветительные приборы широко применяются для моделирования искусственного освещения в птичниках, включая изменение спектра излучения (рисунок 1.8, б – красно-желтый спектр; в – сине-зеленый

спектр). Использование таких приборов повышает продуктивность животных и позволяет влиять на развитие животных, проводить исследования и т.п. Обладая высокой эффективностью светового потока порядка 100 лм/Вт и низкой установленной мощностью порядка 9 Вт, данный осветительный прибор имеет ряд ограничений для применения на уже эксплуатируемых птичниках: напряжение питания 48 В постоянного тока; наличие быстродействующего микропроцессорного устройства управления [348].

ООО «Техносвет групп» выпускает светодиодную систему освещения ИСО «Хамелеон» собственного производства для птичников и ферм КРС. Системы освещения оснащены функцией «рассвет-закат». В комплект также входит специальное программное обеспечение для создания программы управления изменением уровня освещенности. Управление яркостью светильников, уровня освещенности основано на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) питающего напряжения. В отличие от тиристорных схем данная схема позволяет эффективно снижать потребление электроэнергии при малых уровнях освещенности [234].

В отличие от ламп накаливания и люминесцентных ламп светодиодные осветительные приборы обеспечивают плавное регулирование системы «рассвет-закат», необходимый спектр, а также обладают низким энергопотреблением. Единственным отличием светодиодных систем освещения является программное обеспечение.

Причем каждое программное обеспечение (ПО) отличается собственным набором преобразующих устройств (таблица 1.12). Управление светодиодным освещением осуществляется с помощью программного обеспечения. Полностью компьютеризированные системы имеют малую мощность систем и дополнительные функции. Предложенные системы управления не учитывают возраст, физиологические потребности животного с учетом качества освещения.

Таким образом, проблема регулирования и поддержания оптимального равномерного уровня освещенности решается с помощью программируемых устройств, но все еще актуальна, так как предлагаемые системы управления

светодиодным освещением несовершенны, имеют низкую мощность охвата, используются без устройств обратной связи и т.п.

Таблица 1.12 – Сравнение показателей программного обеспечения светодиодных систем освещения для животноводческих помещений

| Наименование показателя                        | Микропроцессорное устройство МУУС-Ф-15.20 | Светодиодный прибор типа Commercial Broiler Automatic Chicken | ИСО «Хамелеон» | ЛЮКС-АЦ |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|---------|
| Планируемость, дни                             | 356                                       | 600                                                           | 220            | 600     |
| Контролируемость (обратная связь, да/нет)      | да                                        | нет                                                           | да             | да      |
| Количество каналов, шт.                        | 8                                         | 8                                                             | 12             | 8       |
| Максимальная мощность, Вт                      | 10000                                     | 600                                                           | 800            | 2000    |
| Комплексность, %                               | 60                                        | 100                                                           | 100            | 100     |
| Скорость обработки информации, мс              | 20                                        | 20                                                            | 20             | 20      |
| Объем занимаемой памяти, Мб                    | 0,008                                     | 1                                                             | 2              | 0,008   |
| Дополнительные вычислительные функции (да/нет) | нет                                       | да                                                            | да             | нет     |

Структурирование данных систем управления, разработка обобщающих программ и технических решений позволят снизить эксплуатационные затраты на электроэнергию до 20 % и обеспечить высокую продуктивность животных.

#### 1.4 Современные методы расчета систем освещения

Эволюционное развитие живых организмов основывается на совершенствовании процессов метаболизма, то есть обмена веществ

организмов, под влиянием окружающей среды. Исследования механизма биологического действия оптического излучения посвящены, анализу различных систем биологических показателей. К ним относятся: физиологические, морфологические, биохимические, зоогигиенические, этологические, зоотехнические. Изучение рядом исследователей различных биологических показателей: кислотной емкости, содержание белка, лейкоцитов, гемоглобина, гамма-глобулина, общего белка в сыворотке крови, содержание в крови кальция, фосфора, каротина, количества эритроцитов [113, 114] подтверждает наличие зоотехнического эффекта при использовании оптического излучения. Согласно [135], одним из важных факторов регулирования систем живого организма является рецептор глаза животных. При попадании оптического излучения рецепторы клетки за счет гормонального регулирования обеспечивают подавление выработки мелатонина и смену циркадных ритмов организма. Например, снижение уровня мелатонина побуждает печень коровы вырабатывать больше гормонов бодрствования (таких как кортизол, серотонин и др.), в том числе IGF-I (инсулиноподобный фактор роста), который оказывает влияние на увеличение удоя молока.

Некоторые вопросы по разработке и проектированию осветительных приборов на основе светодиодов рассмотрены в работах И.М. Новоселова, в которых, определено: «Существующие системы технологического освещения не обеспечивают оптимальной освещенности на кормушках клеточной батареи птичника промышленного стада кур-несушек. Поддержание оптимальной средней освещенности на кормушках всех ярусов клеточной батареи позволяет повысить продуктивность птицы. Существующие методы обеспечения оптимальной освещенности кормушек клеточной батареи системами светодиодного освещения нуждаются в дальнейшем совершенствовании. В работе автор обосновал, что: «Предложена конструкция светодиодного светильника для освещения многоярусной клеточной батареи с содержанием кур-несушек промышленного стада, позволяющая обеспечить оптимальную

среднюю освещенность кормушек и требуемую неравномерность освещения вдоль кормушек на всех ярусах клеточной батареи» (рисунок 1.19) [159, 160].

$$H_{opt} = [0,85 + (i - 2)] \cdot h_k + (0,7827 - 0,09266 \cdot i) \frac{\alpha}{2} \quad (1.2)$$

где  $H_{opt}$  – оптимальная высота подвеса светильника, м;

$i$  – 2, 3, 4 и 5-ярус клеточной батареи;

$\alpha$  – значение направления силы света идеального точечного источника света.

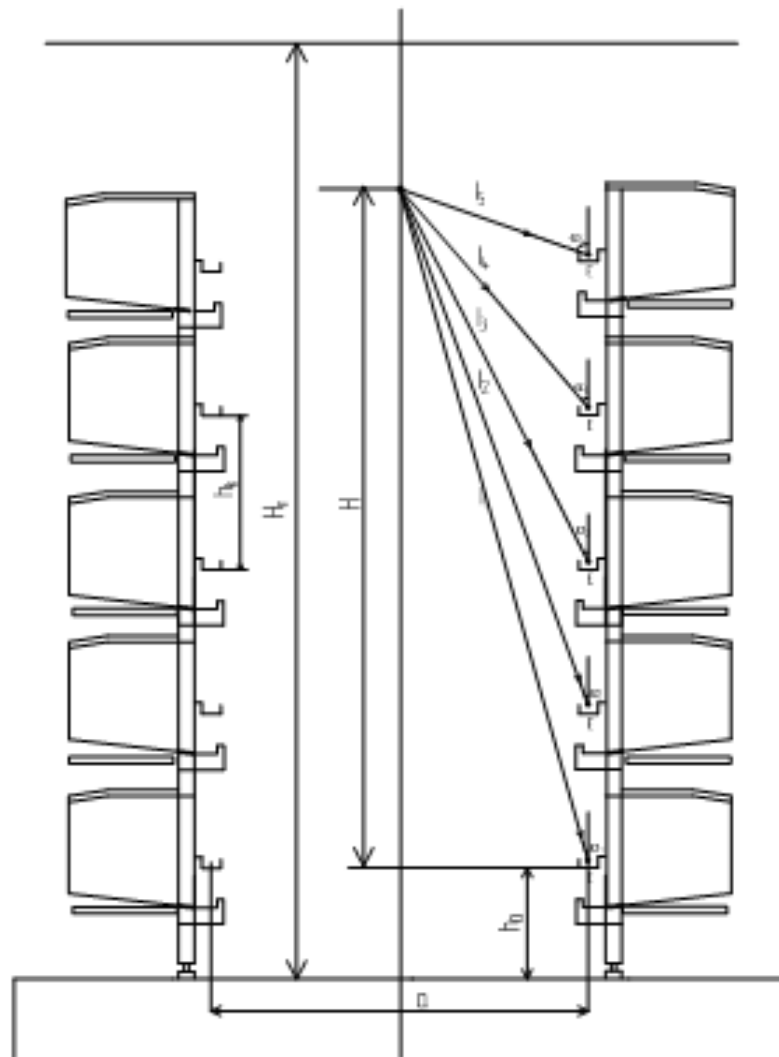


Рисунок 1.19 – Освещение кормушек клеточной батареи в поперечной плоскости [160]

В работе не рассмотрены вопросы равномерного распределения освещенности на рабочей горизонтальной плоскости.

В работе А.А. Михалева определено, технологическое освещение птичника можно обеспечить за счет разработанных светодиодных источников искусственного излучения и резонансного источника питания (рисунок 1.20) [148].

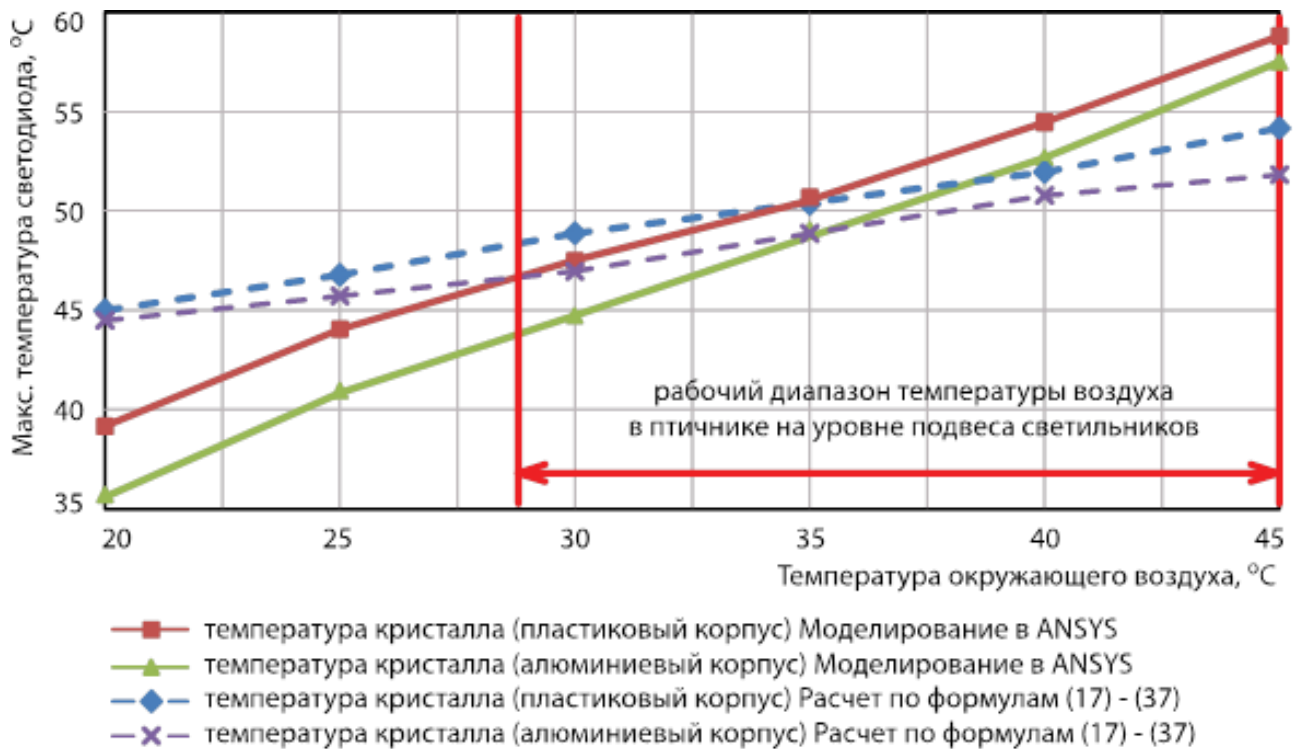


Рисунок 1.20 - Температур кристалла излучающих диодов в зависимости от температуры окружающего воздуха для пластикового и алюминиевого корпусов [148]

Авторы указывают, для разработки и применения осветительных приборов допустимо применять светильники из пластика, материал является огнеопасным с точки зрения пожароопасности, при применении повышается  $t$ . светодиода на 5 °C, в сравнении с алюминиевым корпусом

А.А. Ашрятова утверждает, в качестве источников света для точечного освещения необходимо применять светодиодные светильники, которые помогут в разы сократить затраты и расход электроэнергии.. проведенные испытания с разработанными осветительными приборами (ЛПО 46 с СД-модулями) показали, потребление электроэнергии составило 40,8 Вт [2].

В работе Е.А. Шабая, А.С. Касьянова рассмотрены вопросы модернизации светодиодного освещения с индивидуальным освещением клеток (рисунок 1.21) [259].

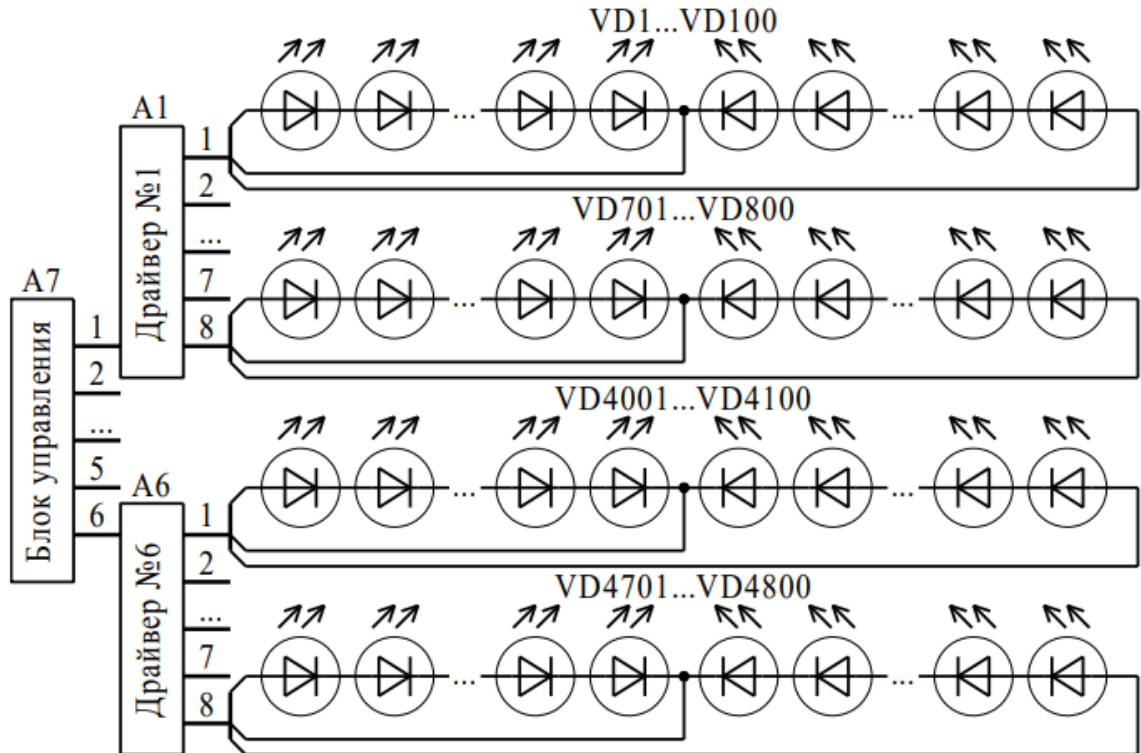


Рисунок 1.21 - Схема питания светодиодного освещения со стабилизацией тока питания [259] **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

В схеме применялись высокоэффективные светодиоды LCW100Z1 фирмы Seoul Semiconductor. Источники света имели светоотдачу до 90 лм/Вт. Авторы утверждают, что применение данных источников снизит потребление электроэнергии в 9,3 раза, позволит повысить технико-экономические показатели. В работе не уделено особого внимания коэффициенту неравномерности, что который является важным показателем при содержании птиц.

Сокращения расходов на электроэнергию и соответственно повышение дополнительной прибыли возможно за счет регулирования длительности светового режима в течении суток.. Огромное значение в животноводческих помещениях по мнению Н. Л. Лаптевой: «Высокая интенсивность света имеет

множественное влияние на птиц. С одной стороны, она может увеличить половое созревание, а с другой, - нервность птицы и predisposing к расклеву во время яйценоскости». Функция плавного автоматического регулирования за счет программы регулирования «рассвет – закат» позволяет избегать давки птицы [142].

А.П. Гречанов предлагает с помощью темного суточного ритма сна и светлой фазе бодрствования можно изменять периоды и длительность суток птицы (рисунок 1.22) [76].

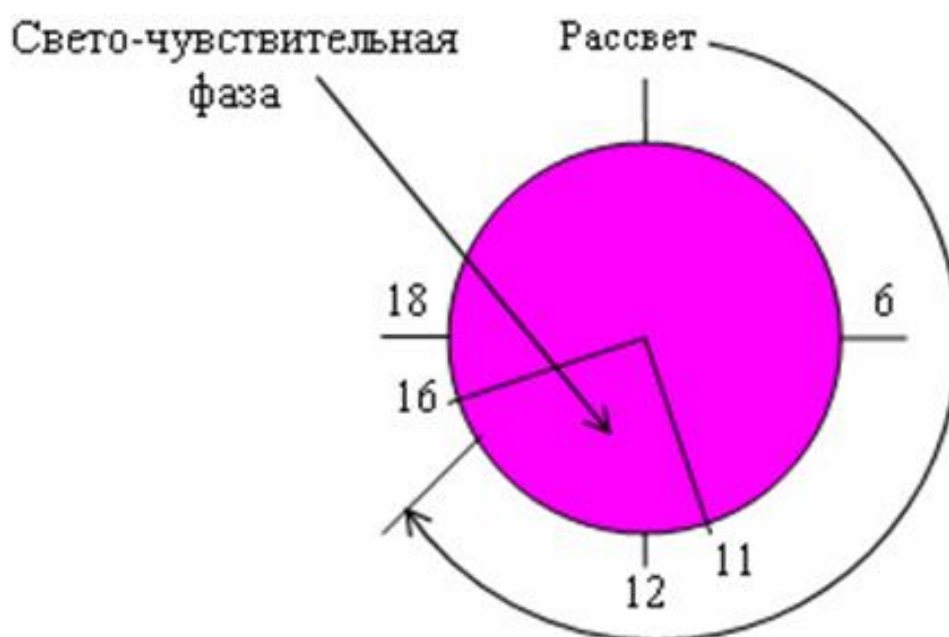


Рисунок 1.22 – Представление периода чувствительности птицы [76]

В работе определено, что при содержании кур напольно освещенность должна быть выше, чем при технологии клеточного содержания [76].

Научная новизна новых технических эффективных решений подтверждена свидетельствами интеллектуальной собственности, патентами [157-186]. Известны патенты, в которых рассмотрены вопросы распределения освещенности на рабочей поверхности, но которые в зависимости от назначения требуют усовершенствования конструкции и режима работы устройства (рисунок 1.23) [176].



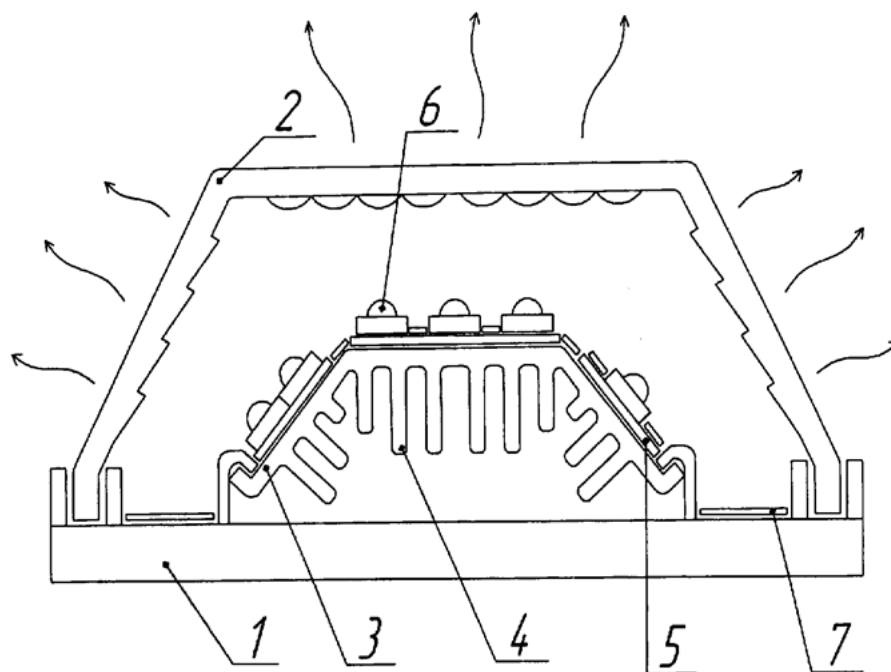


Рисунок 1.23 – Осветительный светодиодный прибор:

1 – основание; 2 – оптически прозрачная крышка; 3 – профиль; 4 – теплоотводящие ребра;  
5 – монтажные платы; 6 – светодиоды; 7 – светоотражающее покрытие [176]

Задачей предлагаемого технического решения является создание конструкции светодиодного осветительного прибора, способного создать необходимую освещенность поверхностей, расположенных на разных высотах в непосредственной близости от места установки. В устройстве используются мощные светодиоды, применение которых для эффективной работы требует качественного отвода тепла.

Эффективную регулируемую систему освещения предлагают Л.Ю. Юферев, и соавторов [177] в которой регулирование уровня освещенности и спектра возможно за счет резонансного трансформатора (рисунок 1.24).

Данная система управления освещением и спектром светового потока усложняется тем, что направлена на изменение частоты при помощи преобразователей [177].

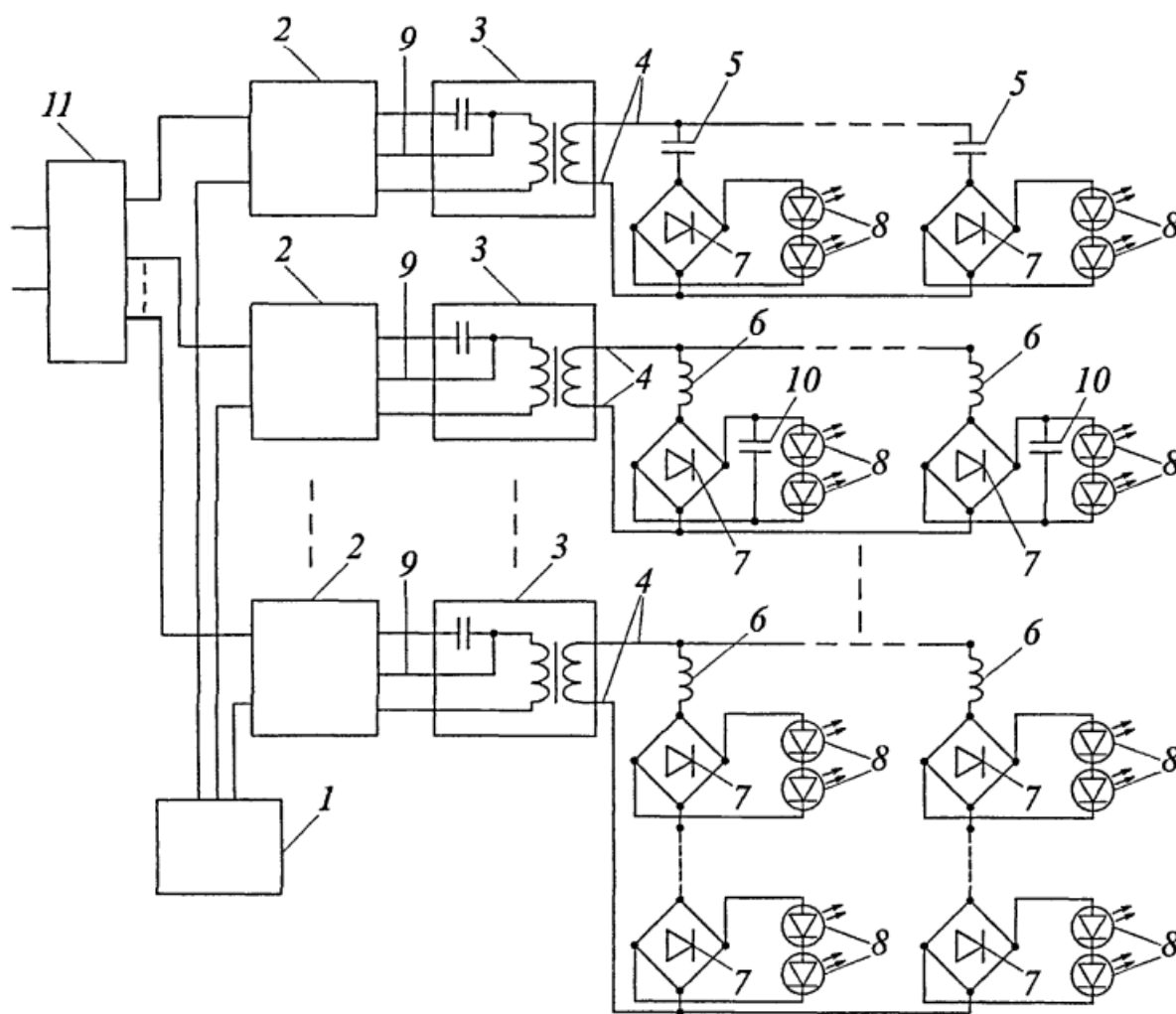


Рисунок 1.24 – Разработанная блок-схема регулируемой системы освещения:

1 – блок управления, 2 – преобразователь частоты, 3 – резонансный трансформатор,  
4 – линия электропередач, 5 – емкость, 6 – индуктивность, 7 – диодные мосты,  
8 – цепи светодиодов, 9 – вход обратной связи, 10 – емкость, 11 – источник питания [177]

В разработке светодиодного светильника для содержания животных Д.А. Наумова, В.В. Швецова, В.Д. Шишкин [181] авторы огромное внимание обращают эксплуатационным характеристикам устройства при содержании животных, компактности расположения светодиодов (рисунок 1.25). Данное устройство позволяет обеспечивать надежность, экономичность работы установки в условиях агрессивной среды при массовом выращивании всех видов животных за счет герметичности трубчатой колбы и удлиненной платы со светодиодами. Удлиненный профиль алюминия обеспечивает низкую стоимость и высокую теплопроводность, теплоотдачу от радиаторных изделий.

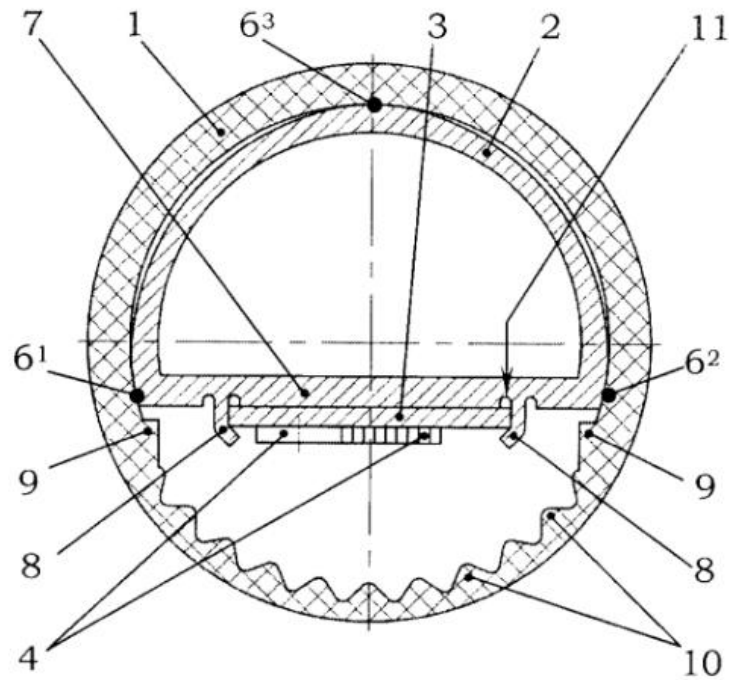


Рисунок 1.25 – Конструкция удлиненного светодиодного светильника: 1 – трубчатая колба; 2 – теплоотводящий элемент; 3 – удлиненная плата; 4 – светодиоды; 5 – гермитизирующие заглушки; 6<sup>1,2,3</sup> – упорные точки; 7 – плоская площадка; 8 – направляющие выступы; 9 – ограничитель; 10 – оребрения [181]

Однако к данному способу освещения выдвигается ряд требований по равномерности освещения продольной составляющей, так как светодиодные дорожки расположены на плате по всей длине колбы. Таким образом, повышению эффективности освещения посвящено множество работ [119, 120, 141, 176, 256, 275, 288, 309, 352, 356, 357], но в них указаны лишь решения частных задач. В работах рассмотрены вопросы надежности при эксплуатации осветительных приборов на основе светодиодов, теплового расчета корпуса и радиаторов охлаждения. Однако исследования авторов не включают в себя такие вопросы как обеспечение минимального энергопотребления систем освещения, снижения мощности осветительных приборов и системы в целом за счет изменения кривой силы света, а также обеспечения минимального коэффициента неравномерности освещения при заданной величине нормированной освещенности животноводческих помещений. Отсутствуют рекомендации расчета и разработки светильников на основе светодиодов для применения и эксплуатации в животноводческих помещениях..

### **1.5 Постановка научной проблемы, цели и задач исследования**

В результате анализа литературных источников, нормативных документов, информации заводов-изготовителей современной светотехнической продукции и данных практического опыта установлено, что освещение животноводческих помещений играет ведущую роль в создании оптимального микроклимата для благоприятного развития и роста животных. Это доказано рядом исследований по влиянию различных систем освещения и режимов работы при выращивании всех видов животных. В стратегии развития животноводства особое внимание уделено одному из показателей микроклимата в животноводческих помещениях - освещению. В работах ряда авторов определено, что более применение светильников со светодиодами способствует разработке мероприятий по экономии электроэнергии на предприятиях и снижению эксплуатационных затрат на электроэнергию.

Использование светодиодов в системе управления освещением животноводческих помещений является перспективным направлением и позволит значительно сократить затраты электроэнергии.

Животноводство в России - один из приоритетных вопросов государственной политики. Затраты на электроэнергию при выращивании и содержании животных являются одной затратных статей расходов.

Согласно, Федеральному закону Российской Федерации 23 ноября 2009 г № 261 (редакция 13.06.2023): «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» определено, что необходимо решать проблему энергосбережения, развивать новые электротехнологии и использовать последние научные достижения для повышения эффективности производства.

Теоретические исследования подробно проанализированы и рассмотрены в трудах А.В. Козакова, Б.Н. Орлова, В.М. Юркова, Н. Консволь, Д. Лазаренко, А.Ш. Кавтарашвили, Ю.Б. Айзенберга, Г.М. Кнорринга, В.В. Мешкова, А.Г. Возмилова, Н.Ф. Кожевниковой, Н.П. Кондратьевой, А.К., В.Ф. Строчевого,

С.А. Ракутько, Е.М. Басарыгиной, Лямцова, С.А. Овчуковой, О.Ю. Коваленко, А.А. Ашрятова, Л.К. Алферовой, Л.Ю. Юферева, Г.Н. Самарина Г.Н., А.А. Михалева, С.А. Микаевой и др.

Авторами внесен значительный вклад в расширение области применения электрического освещения и эксплуатации осветительных установок в сельском хозяйстве. Определена действительность применения и разработки осветительных установок для получения дополнительной продукции животноводства. Однако, несмотря на глубину их охвата, вопрос выбора оптимальной системы освещения и разработки комплекса способов и средств повышения энергетической эффективности светодиодной осветительной системы остается нерешенным.

**Научная проблема.** Анализ работ ученых показал отсутствие комплексных, обобщающих научнообоснованных решений, в которых исследована совокупность зависимостей геометрических параметров светодиодных светильников, объективных алгоритмов расчета освещения животноводческих помещений для светодиодных источников света, воздействия на животных и оптимальных, наименьших затрат на электроэнергию. Противоречие состоит в том, что общепромышленные светодиодные светильники, программы и устройства управления светодиодным освещением, а также системы контроля и мониторинга параметров животных позволяют обеспечить необходимую освещенность или спектральный состав видимого излучения. Однако улучшению эффективности систем светодиодного освещения, позволяющей добиться максимальной продуктивности животных, препятствует отсутствие обобщающей теории, учитывающей конструктивные, энергетические, светотехнические, технологические параметры светодиодных систем освещения.

**Гипотеза.** Проектирование осветительных приборов на основе светоизлучающих диодов, разработка алгоритмов и программ, обеспечивающих равномерное освещение животноводческих помещений, позволит снизить затраты на электроэнергию на 5,0...10,0 % и повысить продуктивность животных на 5,0...15,0 %.

**Цель работы** – совершенствование систем светодиодного освещения для совокупного повышения продуктивности животных в животноводческих помещениях.

**Задачи исследований:**

1. Провести анализ современных технологий искусственного освещения и способов повышения продуктивности животных за счет воздействия светотехническими устройствами.

2. Теоретически определить зависимость эффективности системы искусственного освещения и наилучшие варианты использования светодиодных источников света в животноводческих помещениях.

3. Обосновать геометрические параметры и установить зависимости освещенности и равномерности систем светодиодного искусственного освещения для различных животноводческих помещений.

4. Разработать технические средства повышения эффективности систем освещения на основе светодиодов с учетом особенностей содержания животных.

5. Провести лабораторные испытания новых светодиодных осветительных приборов и установить сходимость теоретических и экспериментальных значений освещенности и равномерности освещения.

6. Выполнить производственную проверку изменения продуктивности животных с усовершенствованной системой светодиодного освещения и оценить экономическую эффективность предложенных решений.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ**

### **2.1 Обоснование объекта исследования**

При решении вопроса повышения эффективности осветительных приборов на основе светодиодов решаются цели работы, которые заключаются в проведении теоретических и экспериментальных исследований эффективности использования осветительных установок при содержании животных. Исследованиями многих ученых установлено положительное воздействие оптического излучения на разные стадии развития биообъектов в животноводстве [136, 145, 149, 305, 309, 317, 330255]. Приведенные результаты исследований, представляют общее представление и необходимость исследования воздействия электрического освещения на биообъект, с целью повышения качества освещения в помещениях для содержания животных.

В работе [119] определено: «повышение коэффициента полезного действия корма возможно за счет оптимизации условий содержания, поэтому в технологическом процессе, а также при проектировании ферм и комплексов необходимо обеспечивать условия оптимального микроклимата, в том числе и систем искусственного освещения с учетом породы и возраста животных».

При содержании животных в зависимости от широты для хозяйств в Российской Федерации, регистрируют дефицит «солнечного голодания», поэтому применение осветительных установок является важной составляющей для поддержания жизни и развития животных, получения здорового потомства и снижения себестоимости продукции животноводства.

Основными варьируемыми энергетическими параметрами, влияющими на биологические объекты, от которых зависит снижение себестоимости и соответственно прибыль производства продукции животноводства являются освещенность, коэффициент неравномерности освещения, спектр светового потока, мощность осветительной установки (рисунок 2.1). Дополнительными

параметрами являются рацион, условия содержания, показатели роста и развития, порода, возраст животного.

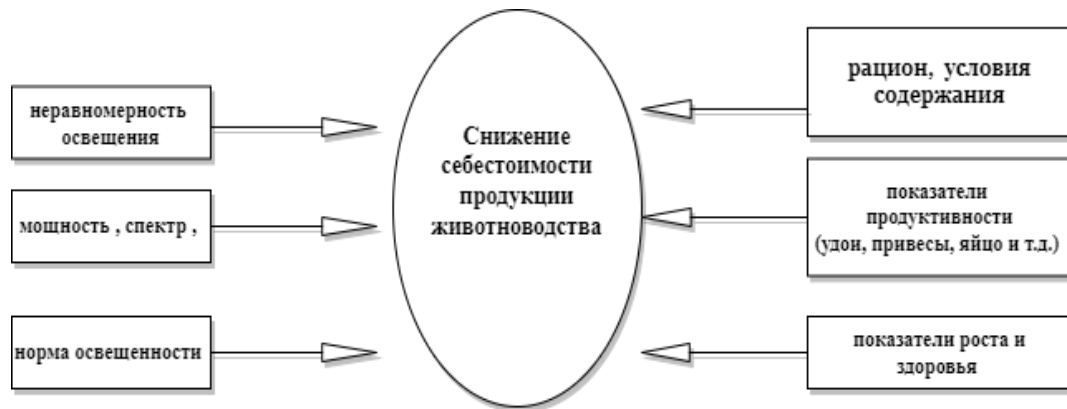


Рисунок 2.1 – Схема представления снижения себестоимости продукции животноводства

Электротехнологии и технологические процессы, выполняемые электрооборудованием в современном производстве продукции животноводства, играют значительную роль. В условиях варьiruемой продолжительности дня особую значимость для производства продукции животноводства в условиях Приволжского федерального округа приобретает освещение искусственными источниками излучения. Система освещения в животноводческих помещениях является одной из затратных статей при производстве продукции животноводства. Общая мощность осветительной системы зависит от мощности одной осветительной установки  $P_{сист}$  (кВт) и их количества:

$$P_{сист} = P_{осв} \cdot n \quad (2.1)$$

где  $P_{осв}$  – мощность одного осветительного прибора, Вт;

$n$  – количество осветительных приборов, шт.

Мощность осветительной установки при обеспечении нормы освещенности можно принять как параметр, определяющий границы рассматриваемой системы энергосбережения и определение объекта исследования.



## 2.2 Разработка обобщенной теории светодиодных осветительных устройств для содержания животных

Опишем основные характеристики взаимодействия элементов системы «животное – окружающая среда». Видимое излучение электромагнитных волн животное, как и человек, в основном воспринимает глазами. Примем допущение, что другие каналы восприятия видимого излучения (осязание, обоняние животного) не оказывают существенного влияния на продуктивность животного. В зоне пребывания животного необходимо обеспечивать норму освещенности  $E_0$  на рабочей поверхности (уровень кормушки, поилки, лежанки), при которой животное имеет умеренную активность [118]; также обеспечить необходимый спектр излучения  $\Phi_{\lambda_0}$  в соответствии с возрастом животного [120]; длительность  $t_0$  и периодичность  $P_0$  светового дня в соответствии с биологическими ритмами животного.

Норма освещенности для конкретной породы, при которой достигается максимальная продуктивность животного, определяется по результатам наблюдения по выражению

$$E_0 = \frac{E_{\text{кр-}v \text{ max}} + E_{\text{кр-}v \text{ min}}}{2}, \quad (2.2)$$

где  $E_{\text{кр-}v \text{ max}}$ ,  $E_{\text{кр-}v \text{ min}}$  – критические значения освещенности при высокой и низкой активности животного, лк.

Спектральный состав излучения, длительность и периодичность светового дня определяется по результатам наблюдения. Пример регулирования данных параметров системы искусственного светодиодного освещения (ИСО) представлен на рисунке 2.2.

Примем условие, что выше представленные параметры системы освещения способствуют получению максимальной продуктивности животных. В качестве животных приняты все виды птицы, крупнорогатый скот и свиньи.

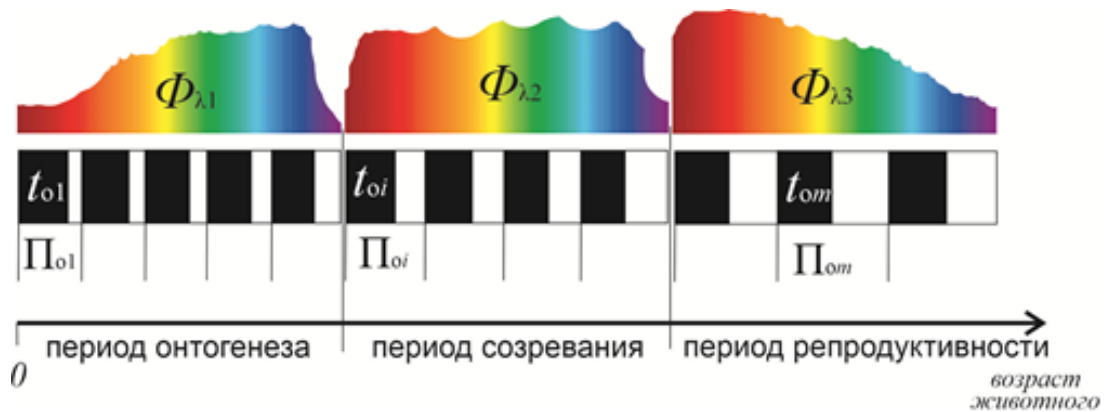


Рисунок 2.2 – Изменение параметров светодиодного освещения в зависимости от периода роста животного (птицы)

Система ИСО создает фактические параметры освещенности  $E_\phi$ , спектральный состав излучения  $\Phi_{\lambda\phi}$ , длительность  $t_\phi$  и периодичность  $\Pi_\phi$  светового дня. Опишем взаимодействие системы искусственного освещения с животным в виде объекта исследования, представленного на рисунке 2.3.

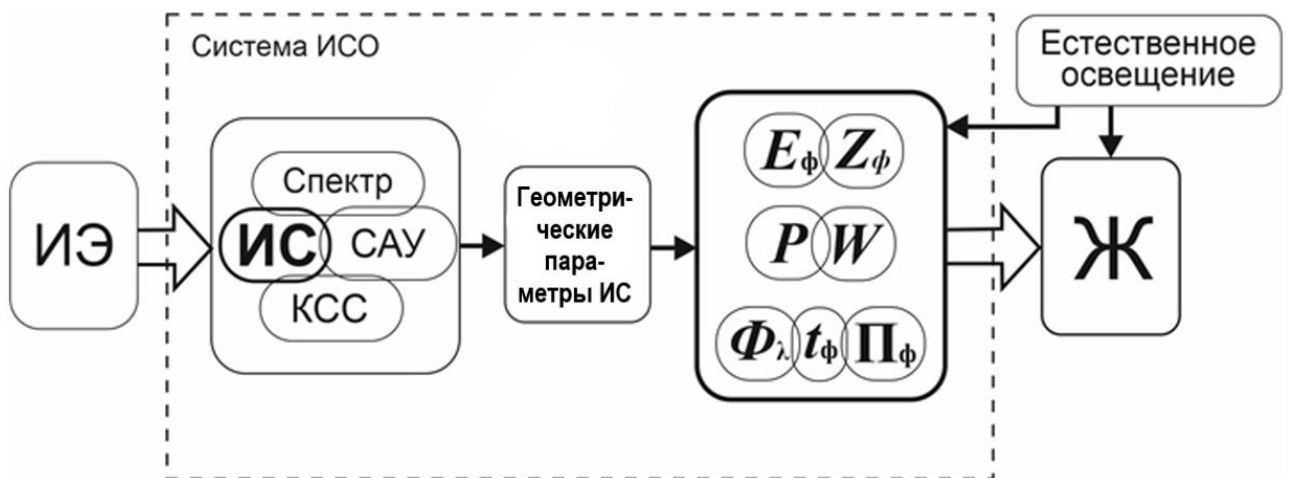


Рисунок 2.3 – Объект исследования – СО в животноводческом помещении:  
 ИЭ – источник энергии; ИС – источник света; САУ – система автоматического управления спектром и длительностью светового дня; КСС – кривая силы света;  
 $P$  – мощность системы ИСО;  $W$  – энергопотребление системы ИСО;  
 $E_\phi$  – фактические параметры освещенности;  $Z_\phi$  – фактические параметры неравномерности освещения;  $\Phi_\lambda$  – спектральный состав излучения;  $t_\phi$  – длительность светового дня;  $\Pi_\phi$  – периодичность светового дня; Ж – животное

Результирующие показатели системы ИСО, влияющие на животное, освещенность  $E_\phi$ , равномерность освещения  $Z_\phi$ , потребляемая мощность  $P$  и электроэнергия  $W$ , а также спектральная плотность потока излучения  $\Phi_{\lambda\phi}$ , продолжительность  $t_\phi$  и периодичность  $\Pi_\phi$  светового дня формируются в

совокупности с видом источника света, возможным спектром излучения источника света, возможностью его системы автоматического управления, конструкцией светильника. Косвенно на результирующие показатели влияет качество электроэнергии, поставляемой источником.

Существенное влияние на показатели системы ИСО оказывает естественное освещение в тех животноводческих помещениях, где присутствуют оконные проемы в стенах и крыше. В помещениях с естественным освещением моделирование системой ИСО периодичности светового дня не требуется. Как правило, в помещениях содержания КРС периодичность системы освещения настраивают в соответствии с естественным суточным режимом, так как биологические ритмы КРС в целом совпадают с ним.

Для обеспечения  $E_o$ ,  $\Phi_{\lambda o}$ ,  $t_o$ ,  $\Pi_o$ ,  $Z_o$  и высокой продуктивности животных при организации и разработке системы ИСО необходимо выполнение совокупности условий:

$$\left. \begin{aligned} E_o - E_{\phi} - E_c &= \Delta E, \Delta E \rightarrow 0; \\ \Phi_{\lambda o} - \Phi_{\lambda \phi} - \Phi_{\lambda c} &= \Delta \Phi_{\lambda}, \Delta \Phi_{\lambda} \rightarrow 0; \\ t_o - t_{\phi} - t_c &= \Delta t, \Delta t \rightarrow 0; \\ \Pi_o - \Pi_{\phi} &= \Delta \Pi, \Delta \Pi \rightarrow 0; \\ Z_o - Z_{\phi} - Z_c &= \Delta Z, \Delta Z \rightarrow 0. \end{aligned} \right\}, \quad (2.3)$$

где  $Z_{\phi}$ ,  $Z_o$  – фактическая и наилучшая равномерность освещения, о.е.;  $E_c$ ,  $\Phi_c$ ,  $t_c$ ,  $Z_c$  – значения параметров естественного освещения, лк, лм, ч и о.е. соответственно;  $\Delta E$ ,  $\Delta \Phi_{\lambda}$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta \Pi$ ,  $\Delta Z$  – разности между наилучшими и фактическими (системы ИСО и естественного освещения) освещенности (лк), спектральной плотности потока излучения (лм), продолжительности (ч) и периодичности (ч) светового дня, равномерности освещения (о.е.).

Выполнить совокупность условий (2.3) возможно при разработке новой системы искусственного светодиодного освещения с наименьшими значениями мощности и энергопотребления и учетом влияния естественного освещения.

Рассмотрим подробно формирование каждого результирующего параметра системы искусственного светодиодного освещения.

1. Спектральная плотность потока излучения  $\Phi_{\lambda\phi}$  определяется типом источника света. Некоторые характеристики люминофоров при изготовлении светодиодов показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Свойство люминофоров светодиодов [38]

| Составная химическая формула люминофора                                                | Длина волны максимума излучения, нм | Длина волны возбуждения люминесценции, нм |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| $\text{Si}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{16-y}\text{N}_y(\text{Sr}, \text{Ca}):\text{Eu}$ | 580                                 | 410                                       |
| $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Si})_5(\text{O}, \text{N})_{12}:\text{Ce}$                | 590                                 | 460                                       |
| $\text{Sr}_2\text{Si}_{5-x}\text{Al}_x\text{O}_x\text{N}_{8-x}:\text{Eu}$              | 630                                 | 460                                       |
| $\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{Si}_z\text{N}_3:\text{Ce}$                                | 565                                 | 460                                       |
| $\text{Ca}_x\text{Si}_y\text{N}_{2-z}\text{O}_z:\text{Ce}$                             | 630                                 | 530                                       |
| $\text{Ca}_x\text{Si}_y\text{N}_{2-z}\text{O}_z(\text{Al}):\text{Ce}$                  | 560                                 | 460                                       |
| $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$                                         | 515                                 | 380                                       |

Примем источником света светодиоды нового поколения белого цвета свечения с высокой светоотдачей 110-200 лм/Вт. Белый цвет свечения светодиода получают технологией соединения нескольких чипов с разным люминофором [126, 261, 290]. Например, система RGB (red – blue – green) основана на использовании трех ярко выраженных светодиодов с красным, зеленым и синим спектрами.

В осветительных установках со светодиодными источниками света возможно получать различное значение спектральной плотности светового потока, в свою очередь плотно связанный с потребляемой мощностью выражением (2.4). При этом преимуществом таких источников света является низкое энергопотребление[122, 213, 238]

$$\Phi_{\lambda\phi} = 683 \sum_{i=1}^n V_{\lambda i} P_{\lambda\phi i} \lambda_{\phi i}, \quad (2.4)$$

где 683 – коэффициент перевода единиц измерения (энергетической в световую);

$V_\lambda$  – кривая спектральной чувствительности глаза животного, о.е.;  $P_{\lambda\phi}$  – удельная мощность спектральной плотности излучения, Вт/нм;  $\lambda_\phi$  – длина волны излучения, нм.

Суммарная спектральная плотность светового потока определяется количеством источников света, необходимых для животноводческого помещения, которую рассмотрим ниже.

2. Продолжительность  $t_\phi$  и периодичность  $\Pi_\phi$  светового дня зависит от возможности системы автоматического управления источником света. Для светодиодных источников света применяют различные программные решения плавного включения (рассвет) и отключения (закат) освещения. Примем допущение, что система ИСО имеет программируемую САУ.

Энергопотребление системы ИСО зависит от продолжительности и периодичности светового дня, поэтому опишем взаимосвязь этих параметров выражениями:

$$t_\phi = \Pi_\phi - t_n - t_c; \quad (2.5)$$

$$N_t = \frac{8760}{\Pi_\phi} = \frac{8760}{(t_\phi + t_n + t_c)}, \quad (2.6)$$

где  $t_n$ ,  $t_c$  – продолжительности ночного времени суток и естественного освещения, ч;

$N_t$  – количество включений системы искусственного светодиодного освещения в году (8760 часов в год).

3. Освещенность и коэффициент неравномерности освещения характеризуют систему освещения в целом при влиянии на живой организм и в большей степени относятся к геометрическим величинам размещения осветительных приборов. Существуют различные выражения взаимосвязи параметров источника света с освещенностью. Однако точные характеристики осветительных приборов устанавливают в большинстве случаев экспериментально.

Использование светодиода в качестве точечного источника света не дает желаемых результатов для освещения. Как правило, используют несколько светодиодов, подключенных последовательно или параллельно в схеме,

совокупность которых представляет собой осветительный светодиодный прибор в виде конкретной геометрической формы с отражателями. Важную роль итоговой освещенности играет геометрическая форма осветительного прибора. Рассмотрим случай, в котором освещенность на рабочей поверхности освещается одинаковым количеством светодиодов с одинаковой силой света (рисунок 2.4).

Освещенность  $E$  в точке  $A$  для первого случая (рисунок 2.4, а) определяется

$$E = \frac{I_{\alpha} 4 \cos \alpha + I_{\beta} 2 \cos \beta + I_{\gamma} 2 \cos \gamma + I_{\delta} \cos \delta}{H^2}, \quad (2.7)$$

где  $H$  – высота подвеса светодиода, м;

$I_{\alpha, \beta, \gamma, \delta}$  – сила света светодиода под углами соответственно  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , кд;

$\alpha$  – угол падения света от 2,3,5,6 светодиода, град.;

$\beta$  – угол падения света от 1,9 светодиода, град.;

$\gamma$  – угол падения света от 4,8 светодиода, град.;

$\delta$  – угол падения света от 7 светодиода, град.

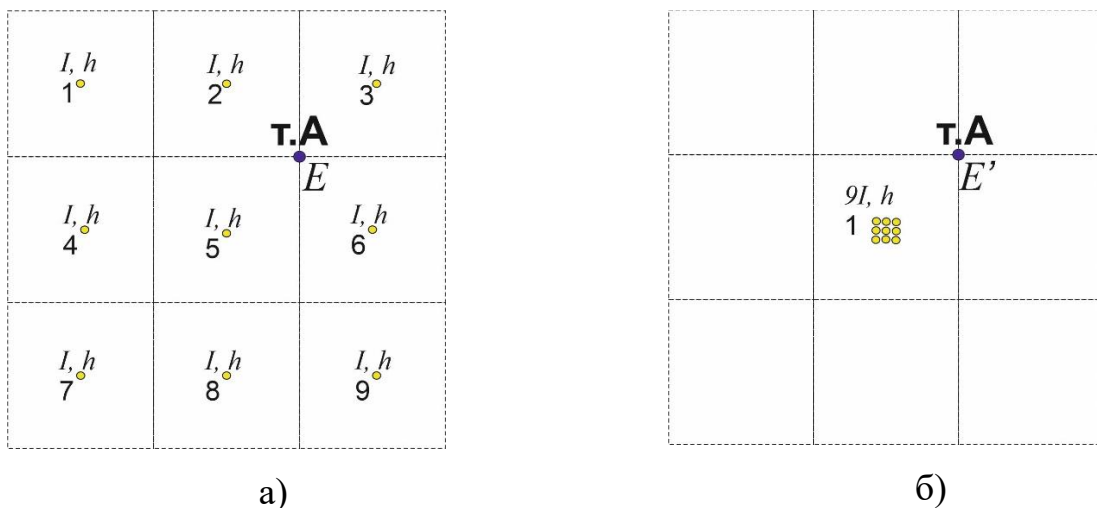


Рисунок 2.4 – Освещенность в точке А при расположении светодиодов:

а) как отдельных источников света и б) в единой конструкции прибора

(оба варианта рассмотрены без отражателя)

Для второго случая освещенность  $E'$  в той же точке А (рисунок 2.4, б) будет определяться в зависимости от углов падения света. Примем, что отличие

углов падения от отдельных светодиодов пренебрежимо мало, тогда освещенность определяется:

$$E' = \frac{9I_{\alpha} \cos \alpha}{H^2}. \quad (2.8)$$

Геометрическая форма расположения источников света в помещении будет отличаться на величину  $Z$ , которая показывает отношение освещенности при равномерно распределенных по площади светодиодов к освещенности объединенных в один прибор светодиодов. Для данного случая  $Z_1$  определяется по выражению

$$Z_1 = \frac{4I_{\alpha} \cos \alpha + 2I_{\beta} \cos \beta + 2I_{\gamma} \cos \gamma + I_{\delta} \cos \delta}{9I_{\alpha} \cos \alpha}. \quad (2.9)$$

Величина  $Z$  для общего случая определяется (при равномерном распределении светодиодов в помещении)

$$Z = \left. \frac{nI_{\alpha} \cos \alpha + mI_{\beta} \cos \beta + \dots + I_{\theta} \cos \theta}{jI_{\alpha} \cos \alpha} \right\}, \quad (2.10)$$

$$j = n + m + \dots + 1.$$

где  $j$  – общее количество светодиодов в помещении;

$n$  – количество светодиодов находящихся под углом падения света  $\alpha$  в рассматриваемой точке;

$m$  – количество светодиодов, находящихся под углом падения света  $\beta$  в рассматриваемой точке;

$\theta$  – угол падения света последнего светодиода, град.

В условиях эксплуатации величина данного коэффициента (неравномерность освещения) может принимать значения

$$0 < Z < 20. \quad (2.11)$$

Если освещенность от одного светодиода в животноводческом помещении составит:

$$E_i = \frac{I}{H^2}, \quad (2.12)$$

то освещенность от  $j$  светодиодов с одинаковой усредненной силой света  $I_{cp}$ , подвешенных на одну и ту же высоту  $H$  в любой точке помещения, можно считать с допущениями по выражению (рисунок 2.5):

$$E_j = \frac{ZjI_{cp}}{H^2}. \quad (2.13)$$

Освещенность под осветительным светодиодным прибором зависит от количества  $j$  светодиодов и высоты подвеса  $H$ . Если в осветительном приборе  $j = 300$  светодиодов с одинаковой средней  $I_{cp} = 1,1$  кд, то при высоте подвеса  $H = 1$  м освещенность перпендикулярно под прибором будет равна 330 лк (точка А на рисунке 2.5). При той же высоте подвеса освещенность на расстоянии 1 м от проекции прибора будет ниже (точка А' на рисунке 2.5).

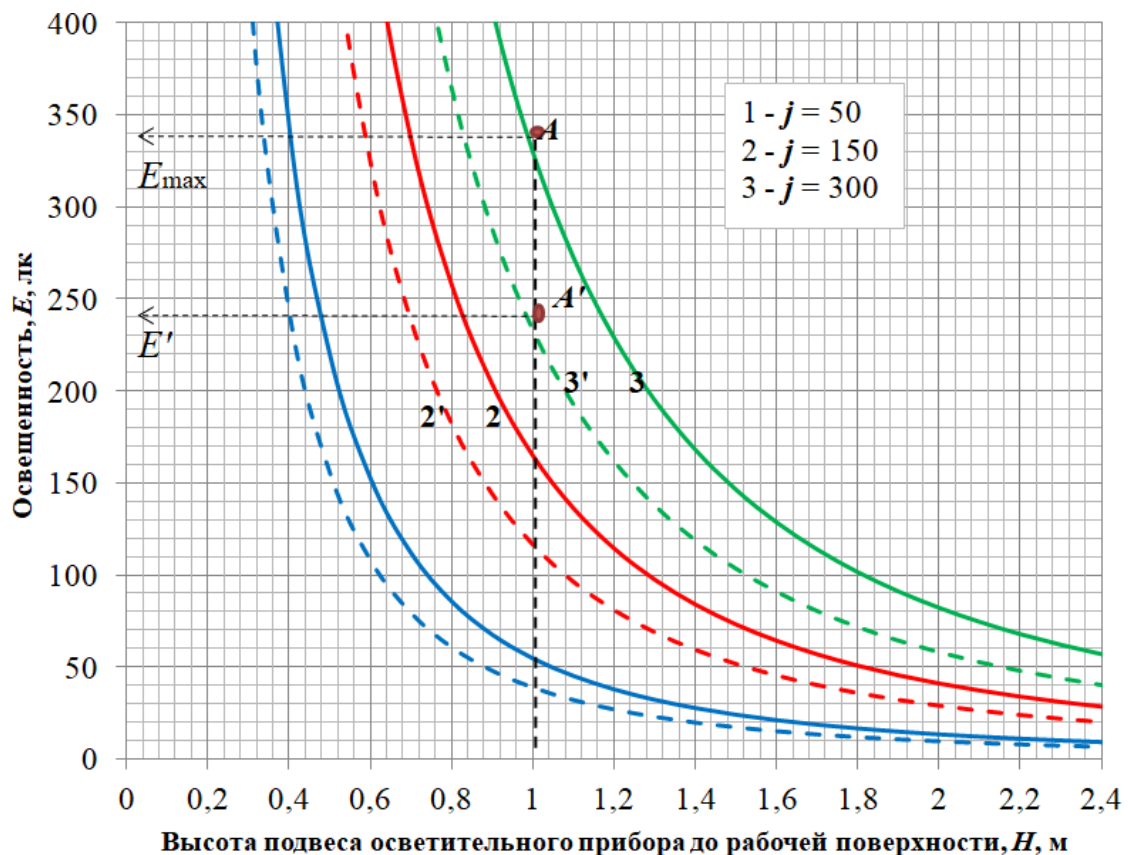


Рисунок 2.5 – Зависимость освещенности и количества точечных светодиодов, размещенных рядом друг с другом в осветительном приборе, от высоты подвеса при условии, что все светодиоды имеют одинаковую кривую и усредненное значение силы света,  $I_{cp} = 1,1$  кд



Отметим, что высота подвеса является важным параметром для определения количества светодиодов в осветительном приборе для обеспечения нормы освещенности.

Чтобы определить общее количество светодиодов для помещения, необходимо установить изменение освещенности по площади с учетом требуемой равномерности  $z$ . Если светодиодный осветительный прибор освещает квадратную площадь с длиной стороны  $a$  (рисунок 2.6), то наименьшая освещенность в угловой точке периметра площади определяется по выражению:

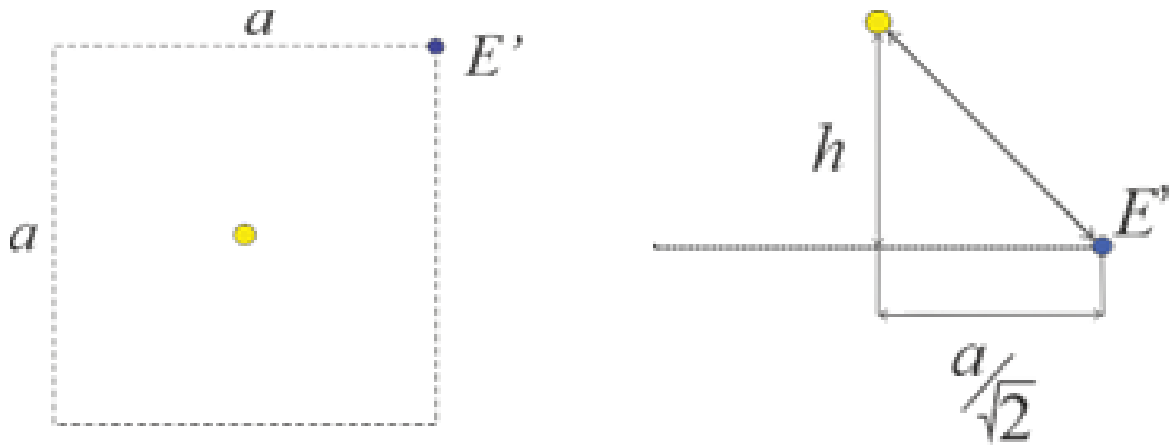


Рисунок 2.6 – Площадь, освещаемая одним осветительным прибором

$$E' = \frac{I_{\varphi} \cos \varphi}{H^2}, \quad (2.14)$$

где  $\varphi$  – угол отклонения вектора, направленного в точку изменения освещенности  $E'$ , град.

По рисунку 2.6 определим косинус угла  $\varphi$  геометрическим способом:

$$\cos \varphi = \frac{H}{\sqrt{H^2 + \frac{a^2}{2}}}, \quad (2.15)$$

тогда освещенность составит

$$E' = \frac{I_{\varphi}}{H^2 \sqrt{\frac{a^2}{2H^2} + 1}}. \quad (2.16)$$

Изменяя высоту подвеса, высокую равномерность освещения по всей площади, получим по выражению (рисунок 2.6):

$$Z = \frac{E_{\max}}{E'} = \frac{I_{0^0}}{I_{\varphi}} \sqrt{\frac{a^2}{2H^2} + 1} = \frac{\sqrt{\frac{\nu^2}{2} + 1}}{k_I}, \quad (2.17)$$

где  $I_{0^0}$  – значение силы света при нулевом векторе излучения источника света, зависящий от кривой силы света (КСС), кд;

$I_{\varphi}$  – значение силы света образованного угла, зависящий от КСС, кд;

$k_I$  – коэффициент, показывающий отношение значений сил света, о.е.;

$$k_I = \frac{I_{\varphi}}{I_{0^0}}, \quad (2.18)$$

где  $\nu$  – геометрический показатель подвеса осветительного прибора, который показывает отношение стороны квадратной площади, освещаемой прибором, к высоте подвеса, о.е.

$$\nu = \frac{a}{H}. \quad (2.19)$$

Согласно выражению (2.17) и зависимости на рисунке 2.7, чтобы добиться высокой равномерности освещения, например  $z < 1,1$  с осветительными приборами с КСС типа Д (точка А на рисунке 2.7), осветительные приборы должны располагаться друг от друга на расстоянии  $2 \times 0,46 H$ , или при высоте подвеса  $H = 2,0$  м – на расстоянии не более 1,64 м.

Если же допустимая равномерность освещения удовлетворит условию  $z < 1,5$  (точка А' на рисунке 2.7), то при высоте подвеса  $H = 2,0$  м осветительные приборы должны располагаться на расстоянии друг от друга не более 4,74 м. Однако в этих же условиях осветительный прибор с КСС типа М имеет другие характеристики: для  $z < 1,1$  и высоты подвеса  $H = 2,0$  м светильники можно ставить на расстоянии друг от друга не более чем на 2,64 м, а для  $z < 1,5$  и высоты подвеса  $H = 2,0$  м – на расстоянии 6,28 м.

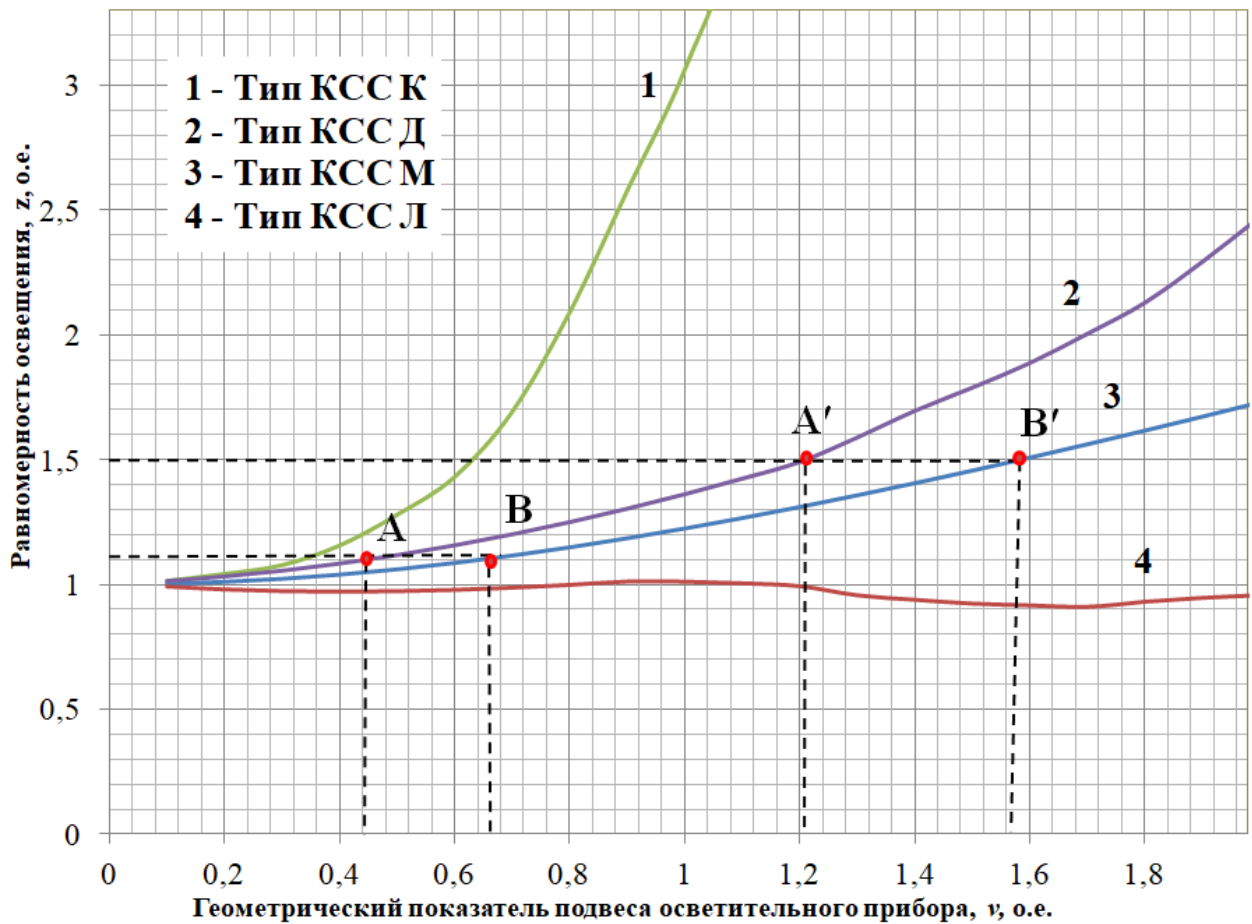


Рисунок 2.7 – Зависимость равномерности освещения от геометрического показателя подвеса осветительного прибора при различных КСС:

1 – КСС типа К; 2 – КСС типа Д; 3 – КСС типа М; 4 – КСС типа Л

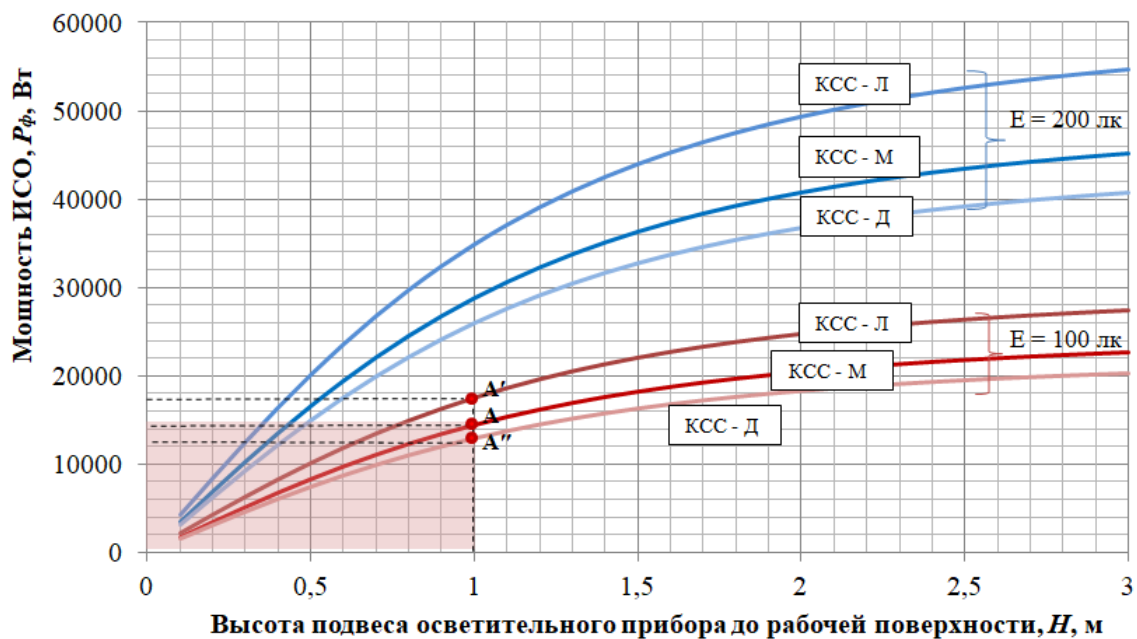
Согласно выражению (2.17) и зависимости на рисунке 2.7, чтобы добиться высокой равномерности освещения, например  $z < 1,1$  с осветительными приборами с КСС типа Д (точка А на рисунке 2.7), осветительные приборы должны располагаться друг от друга на расстоянии  $2 \times 0,46 H$ , или при высоте подвеса  $H = 2,0$  м – на расстоянии не более 1,64 м.

Для достижения оптимальных значений параметров совокупности условий (2.3) система светодиодного освещения характеризуется потребляемой мощностью  $P_\phi$ .

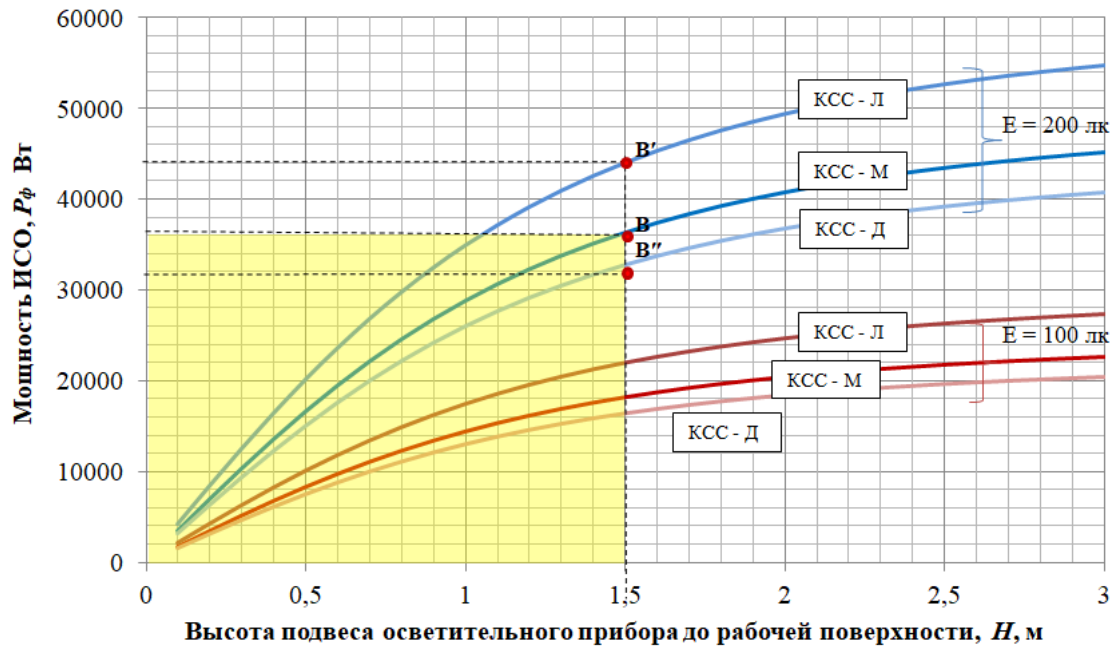
$$P_\phi = \frac{ESk_1 p_i}{\phi_i \sqrt{\frac{a^2}{2H^2} + 1}}, \quad (2.20)$$

где  $b$  – ширина освещаемой поверхности одним светодиодом в соответствии с кривой силы света, м.

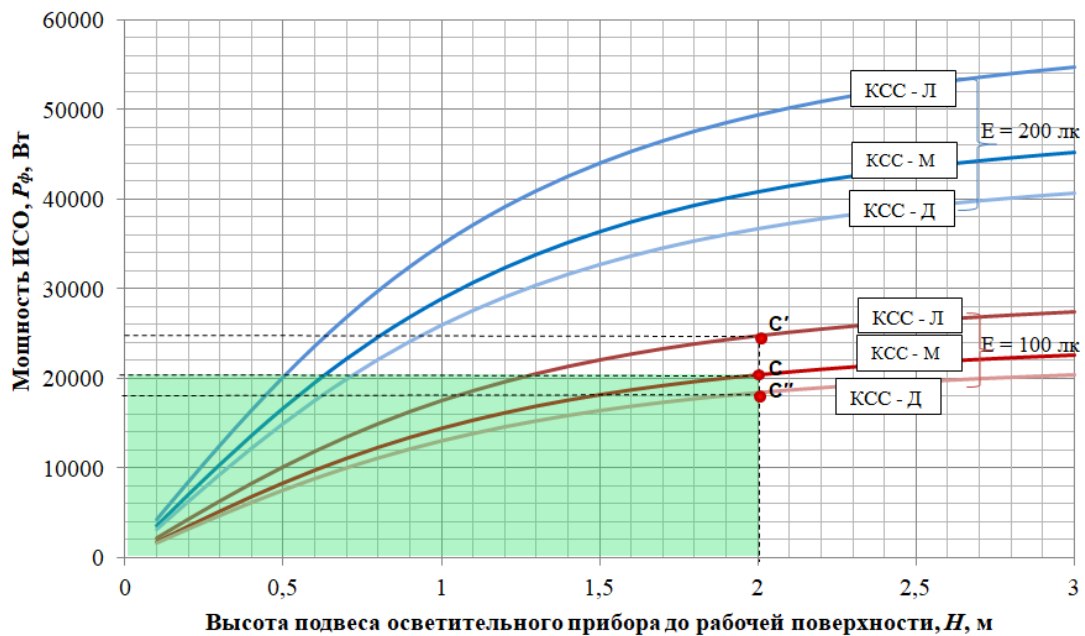
Потребляемая мощность искусственной системы освещения зависит от многих составляющих и в том числе от высоты подвеса осветительных приборов. Ориентируясь на максимальный рост животного, целесообразно по условию (2.3) использовать наименьшую высоту подвеса осветительных приборов, что позволяет добиться наименьшего энергопотребления при создании требуемой освещенности для животных. Например, в птичниках (рисунок 2.8, а) при подвесе светильников на высоту  $H = 1,0$  м для создания оптимальной освещенности  $E_0 = 100$  лк для нормальной жизнедеятельности птицы, содержащейся в помещении на площади  $S = 1000$  м<sup>2</sup>, потребляемая мощность искусственной системы светодиодного освещения составит 14,1 кВт (точка А на рисунке 2.8, а) для приборов с кривой силы света типа М. Причем для тех же условий, но для приборов с кривой силы света типа Д потребляемая мощность будет ниже в 1,11 и составит 12,7 кВт (точка А'' на рисунке 2.8, а). А для приборов с КСС типа Л – 17,9 кВт (точка А' на рисунке 2.8, а), что в 1,4 раза выше мощности ИСО с приборами КСС типа Д.



а)



б)



в)

Рисунок 2.8 – Зависимость потребляемой мощности искусственной светодиодной системы освещения от высоты подвеса источника света при условиях: площадь освещаемого помещения  $S = 1000 \text{ м}^2$ ; ширина освещаемой поверхности  $a = 2 \text{ м}$ ; световой поток, излучаемый одним светодиодом  $\phi_i = 12 \text{ лм}$ ; потребляемая мощность одним светодиодом  $p_i = 3 \text{ Вт}$  ( а – использование ИСО для птичников на высоте  $H = 1,0 \text{ м}$  и освещенности 100 лк; б – использование ИСО для свинарников на высоте  $H = 1,5 \text{ м}$  и освещенности 200 лк; в – использование ИСО для коровников на высоте  $H = 2,0 \text{ м}$  и освещенности 100 лк)

Если в помещении с такой же площадью содержать свиней, для которых требуется создать освещенность  $E_o = 200 \text{ лк}$  с высотой подвеса осветительных приборов  $H = 1,5 \text{ м}$ , то потребляемая мощность искусственной системы

светодиодного освещения составит 36,5 кВт (точка В на рисунке 2.8, б) для приборов с кривой силы света типа М. Для приборов с кривой силы света типа Д потребляемая мощность будет ниже в 1,13 раз и составит 32,2 кВт (точка В'' на рисунке 2.8, б). А для приборов с КСС типа Л – 44,0 кВт (точка В' на рисунке 2.8, б), что в 1,36 раза выше мощности ИСО с приборами КСС типа Д. Аналогичная ситуация для коровников, в которых целесообразно использовать высоту подвеса  $H = 2,0$  м (точки С, С', С'' на рисунке 2.8, в).

## **2.3 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника для освещения в животноводческих помещениях**

Увеличение качества освещения на горизонтальной рабочей площадке возможно за счет приближения коэффициента неравномерности освещения близко равным к единице. Для расчетной оценки оптимального значения количества осветительных приборов на основе светодиодов в помещении на горизонтальной плоскости при ограничении  $Z$  разработаем математическую модель изменения освещенности горизонтальной рабочей поверхности животноводческого помещения с учетом влияния всех светодиодов в данной точке.

В математической модели учитывается равномерность освещения рабочей поверхности при наименьшем энергопотреблении. За основу принята осветительная установка, представляющая собой полуцилиндр радиусом  $R$ , на равноудаленных дугах которого равномерно распределены точечные светодиоды с углом излучения  $\alpha$  (рисунок 2.9).

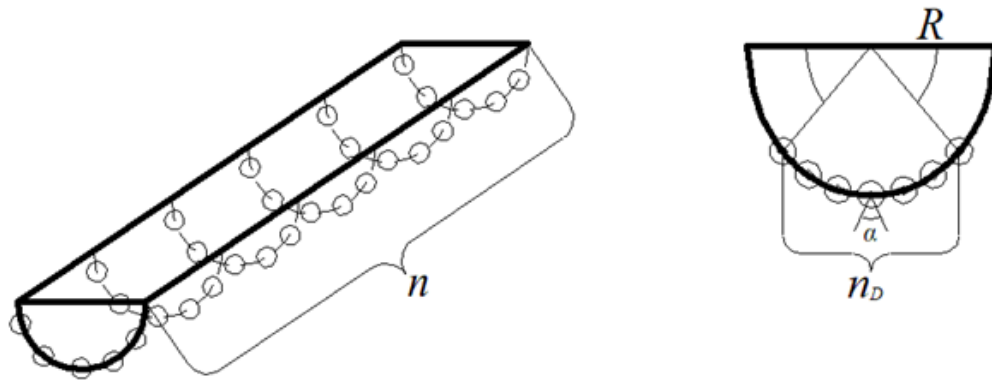


Рисунок 2.9 – Осветительная установка с точечными светодиодами:

$\alpha$  – угол излучения светодиода, град.;  $n$  – количество линеек светодиодов в одном светильнике, шт.;  $n_D$  – количество светодиодов в одной линейке, шт.;  $l_c$  – длина осветительного прибора со светодиодами, м;  $R$  – радиус осветительного прибора, м

Исследуется освещенность в помещении с известными шириной, длиной и высотой. Считаем, что в помещении некоторое количество светильников определенной длины, расположены в рядах (количество рядов) через равные расстояния (рисунок 2.10).

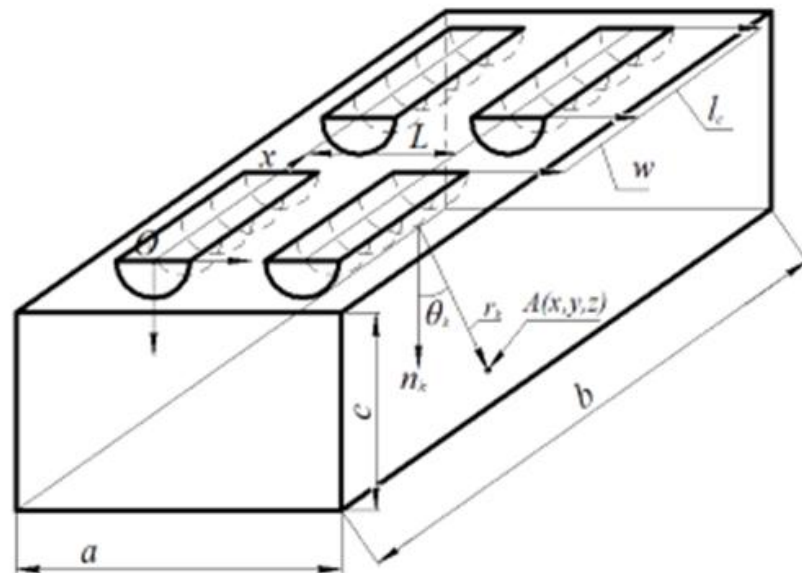


Рисунок 2.10 – Обозначение конструктивных параметров системы освещения в животноводческом помещении в системе координат:  $w$  – расстояние между осветительными приборами в ряду, м;  $A$  – расчетная точка;  $L$  – расстояние между рядами осветительных приборов, м;  $a, b, c$  – длина, ширина и высота животноводческого помещения, м;  $n_k$  – нормаль светильника;  $\theta_k$  – угол между нормалью к светильнику в точке со светодиодом и  $r_k$  радиус-вектором точки, град.

Остановимся подробнее на устройстве самого светильника. На практике он представляет собой полуцилиндр радиуса  $R$ , на равноудаленных дугах которого находятся точечные светодиоды (рисунок 2.11). Светодиоды на дуге расположены равномерно, начиная с некоторого начального угла  $\beta$ .

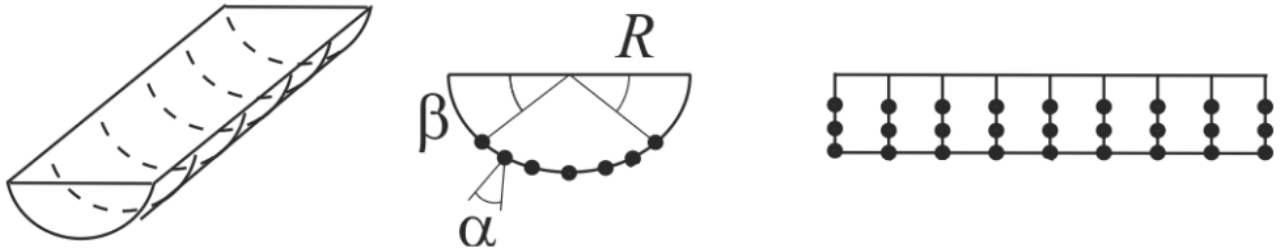


Рисунок 2.11 – Схематическое изображение светильника, вид спереди и сбоку

Каждый светодиод в светильнике характеризуется силой света  $I_0$  и углом  $\alpha$ , который задает раскрытие светового конуса. Известно, что освещенность  $E_k$ , создаваемая  $k$ -ым точечным светодиодом в любой точке помещения, пропорциональна квадрату расстояния  $r_k$  от светодиода до этой точки и может быть вычислена как

$$E_k = \frac{I_0 \cos \theta_k}{r_k^2}, \quad (2.21)$$

где  $\theta_k$  – угол между нормалью к светильнику (полуцилиндру) в точке со светодиодом и радиус-вектором точки (рисунок 2.10);

$r_k$  – расстояние от  $k$ -го светодиода до расчетной точки А, м,

$I_0$  – сила света светодиода, кд.

Заметим, что угол  $\theta_k$  не должен выходить за пределы светового конуса, задаваемого углом  $\alpha$ , иначе освещенность от  $k$ -ого диода не учитывается, то есть:

$$E_k = \begin{cases} I_0 / r_k^2 & \text{если } \theta_k \prec \alpha \\ I_0 \cos \theta_k / r_k^2 & \text{если } \theta_k \succ \alpha \end{cases}. \quad (2.22)$$



За  $r_k$  обозначено расстояние от точки на полу до светодиода, которое вычисляется стандартным образом:

$$r_k = \sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2 + (z - z_k)^2} \quad (2.23)$$

где  $(x, y, z)$  – координаты любой точки в комнате;

$(x_k, y_k, z_k)$  – координаты светодиода в светильнике.

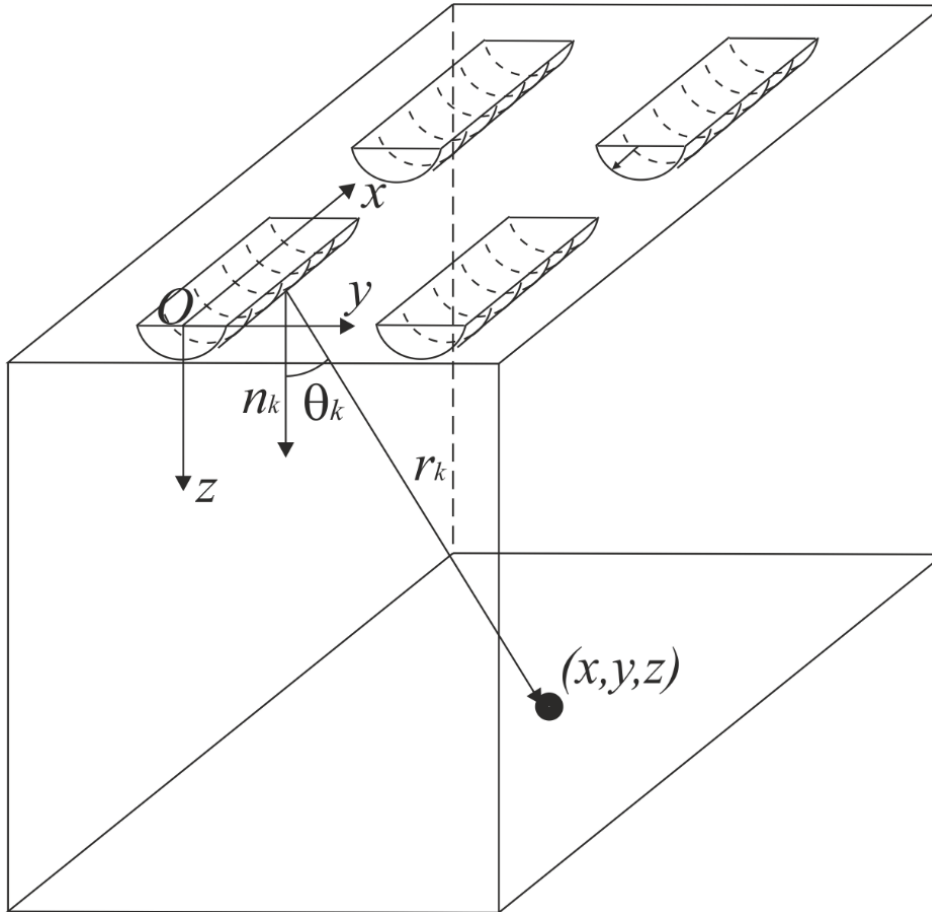


Рисунок 2.12 – Определение системы координат

Освещенность от всех светодиодов  $E$  может быть вычислена согласно принципу суперпозиции:

$$E = \sum_{k=1}^{N \cdot n \cdot n_D} E_k, \quad (2.24)$$

где  $n$  – количество линеек светодиодов в одном светильнике, шт;

$n_D$  – количество светодиодов в одной линейке, шт.

Для записи явной формулы освещенности  $E$  определим систему координат  $Oxyz$ , как показано, на рисунках 2.12, 2.13.

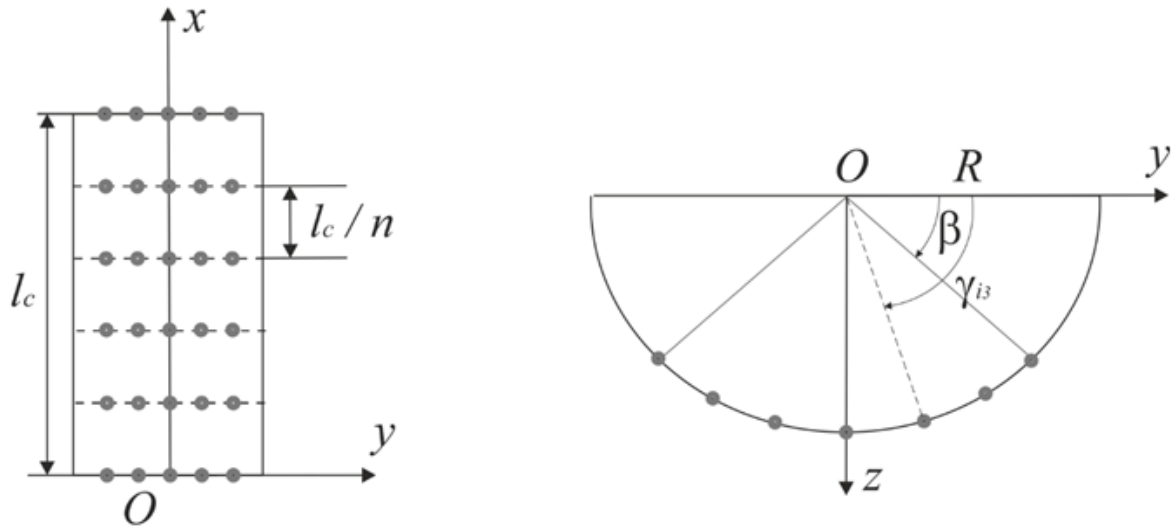


Рисунок 2.13 – Система координат относительного светильника

Будем считать, что начало координат (точка  $O$ ) лежит в середине торца углового светильника, как показано на рисунке 2.12. Выберем оси системы координат таким образом, что оси  $Ox$ ,  $Oy$  лежат в плоскости потолка, ось  $Oz$  направлена вертикально вниз. Определив систему координат, таким образом можем вычислить координаты любого светодиода  $(x_k, y_k, z_k)$ . Рассмотрим определение каждой координаты отдельно.

Начнем с координаты  $x_k$ . Известно, что  $Ox$  направлена параллельно рядам светильников, также задано количество светильников в ряду  $N$ , его длина  $l_c$  и расстояние между светильниками  $w$ . Поскольку распределение линеек светодиодов в светильнике равномерно, то расстояние между линейками (дугами светодиодов) вычисляется как  $l_c/(n-1)$ . Введем следующие переменные  $i_{0k} = 0, \dots, n-1$  – номер линейки светодиодов в светильнике,  $i_{1k} = 0, \dots, N/j-1$  – номер светильника в ряду (рисунок 2.14). В результате, координата каждого светодиода  $i_{0k}$  – ой линейки в отдельном светильнике  $i_{0k} \cdot l_c/(n-1)$ .

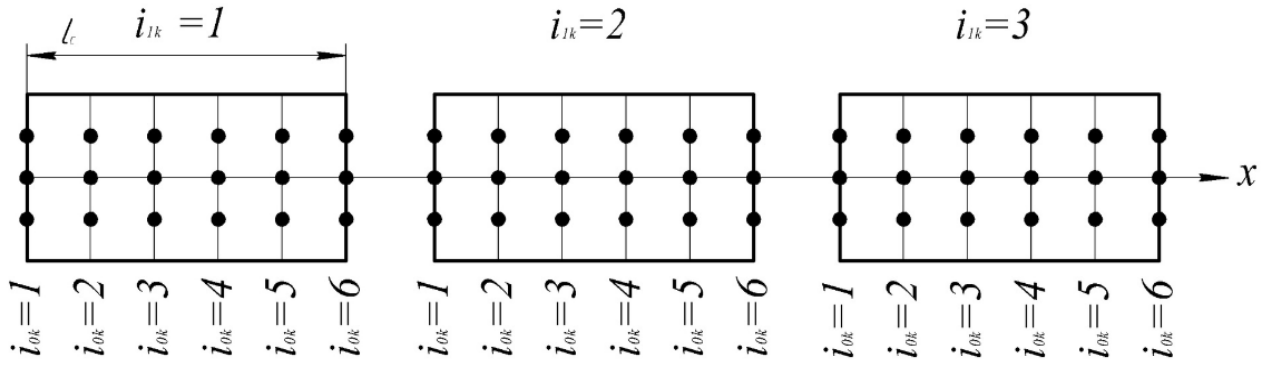


Рисунок 2.14 – Схематичное изображение введенной нумерации

Учитывая, что в ряду расположено несколько светильников на расстоянии  $w$ , получим следующее выражение для  $x_k$  координаты каждого светодиода:

$$x_k = i_{0k} \cdot \frac{l_c}{n-1} + i_{1k}(l_c + w). \quad (2.25)$$

Рассмотрим вопрос об определении координаты  $y_k$ . Ось  $Oy$  направлена перпендикулярно рядам светильников. Известно, что в помещении заданное число рядов светильников  $j$  и они расположены на расстоянии  $L$  друг от друга. Введем переменную  $i_{2k} = 0, \dots, j-1$ , которая определяет номер рассматриваемого ряда светильников (рисунок 2.15 слева). Также необходимо учесть, что светодиоды лежат на дуге полуцилиндра на рисунке 2.15. Светодиоды распределены на дуге равномерно, с учетом начального угла смещения  $\beta$ . Для определения номера светодиода в линейке введем переменную  $i_{3k} = 0, \dots, n_D$  (рисунок 2.15 справа). Угол между светодиодом с номером  $i_{3k}$  и осью  $Oy$  обозначим как  $\gamma_{i3k}$  (рисунок 2.15). В результате получим, что координата  $y_k$  светодиода, находящегося в  $i_{2k}$  ряду светильников и имеющая номер  $i_{3k}$ , может быть найдена как

$$y_k = i_{2k}L + R \cos(\gamma_{i3}); \quad \gamma_{i3} = \beta + i_{3k} \frac{\pi - 2\beta}{n_D - 1}. \quad (2.26)$$

Аналогичным образом определяется координата  $z_k$ :

$$z_k = R \sin(\gamma_{i3}); \quad \gamma_{i3} = \beta + i_{3k} \frac{\pi - 2\beta}{n_D - 1}. \quad (2.27)$$

В результате получим, что координата любого светодиода может быть определена как

$$\begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i_{0k} \cdot l_c / (n-1) + i_{1k} (l_c + w) \\ i_{2k} L + R \cos(\beta + i_{3k} \cdot (\pi - 2\beta) / (n_D - 1)) \\ R \sin(\beta + i_{3k} \cdot (\pi - 2\beta) / (n_D - 1)) \end{pmatrix}. \quad (2.28)$$

Подставим все вышеперечисленные формулы и получим выражение для вычисления освещенности в расчетной точке:

$$E_k = \sum_{i_{0k}=0}^{n-1} \sum_{i_{1k}=0}^{\frac{N}{j}-1} \sum_{i_{2k}=0}^{j-1} \sum_{i_{3k}=0}^{n_D-1} \frac{I_0 \cos \theta_k}{\sqrt{(x - x_k(i_{0k}, i_{1k}))^2 + (y - y_k(i_{2k}, i_{3k}))^2 + (H - z_k(i_{3k}))^2}}, \quad (2.29)$$

где  $H$  – заданная высота подвеса, м.

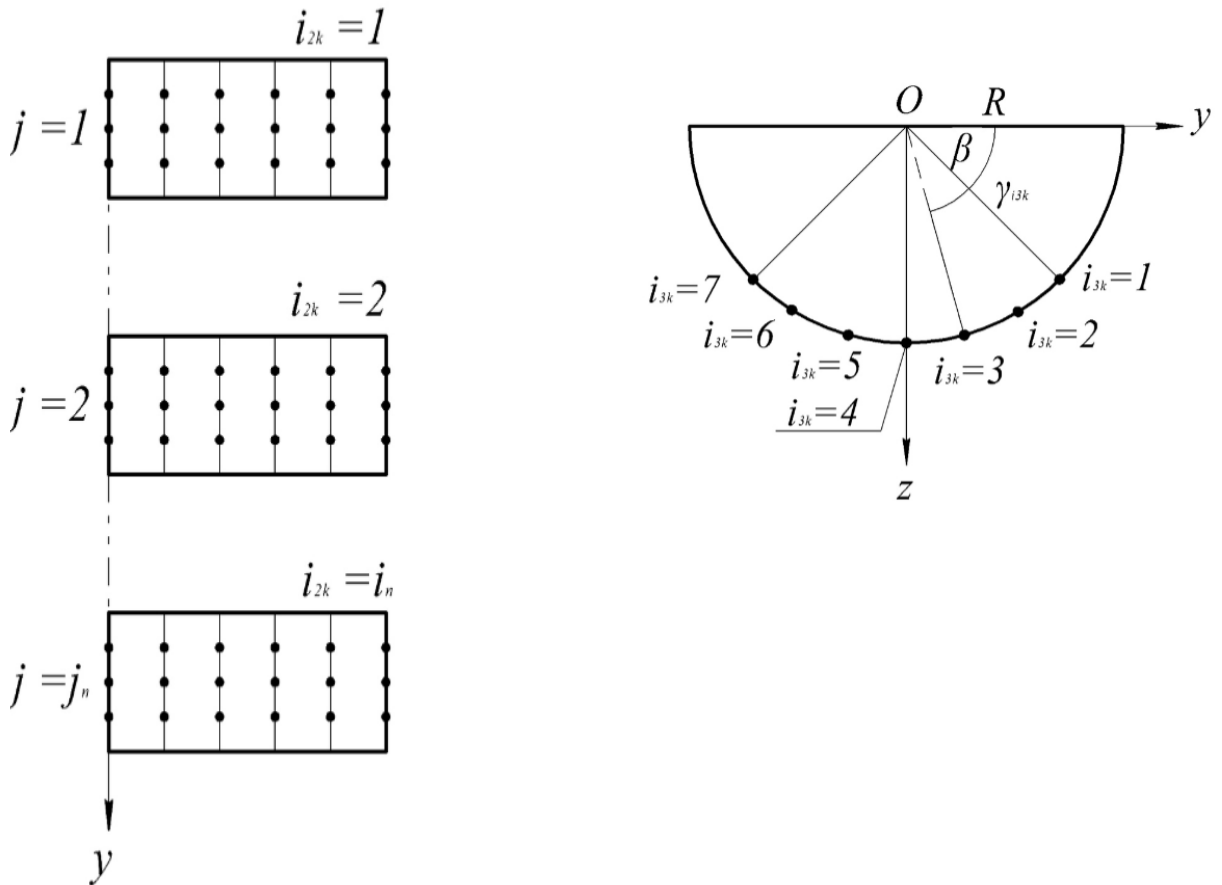


Рисунок 2.15 – Схематичное изображение введенной нумерации

Для ускорения расчетов определения освещенности (3 глава, приложение А) разработаны алгоритм и программа с использованием среды

программирования Octave. Смоделируем расчет светильника в программе согласно заданной геометрии в помещении размерами  $3 \times 3 \times 3$  м. Для примера рассмотрим один светильник длиной 1 м и радиусом 10 см, на котором равномерно распределено 24 дуги светодиодов. Пусть в одной дуге находится 7 светодиодов с  $i_k = 15$  кд, начальный угол крепления светодиодов  $\beta = 45^\circ$ , угол раскрытия светового конуса  $\alpha = 30^\circ$ . Результат моделирования представлен на рисунке 2.16.

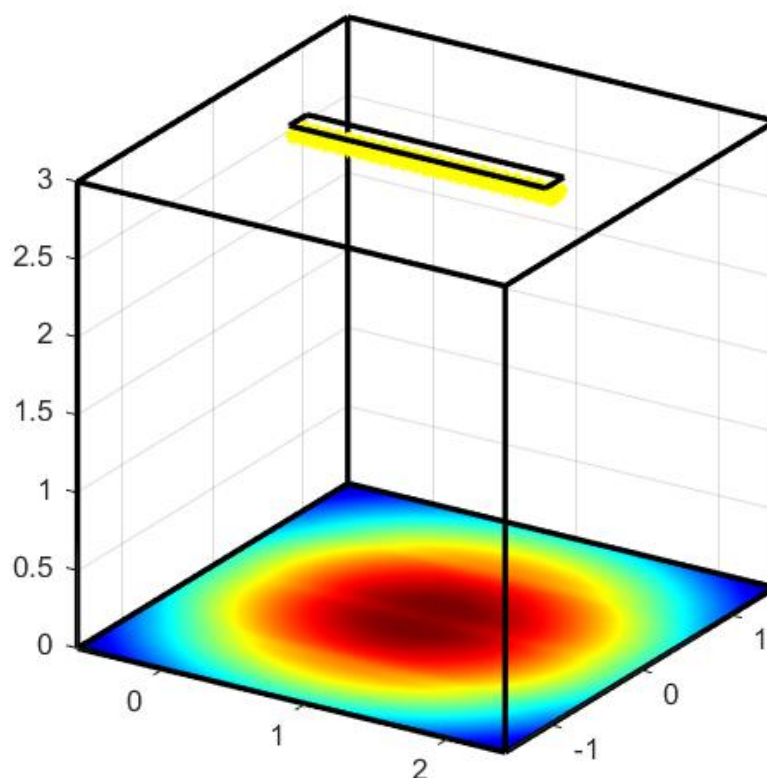


Рисунок 2.16 – Пример распределения освещенности

Для оценки качества рассчитанного освещения будем использовать коэффициент неравномерности освещенности  $Z$ , который вычисляется как

$$Z = \frac{E_{max} + E_{min}}{2 E_{min}}. \quad (2.30)$$

Именно этот коэффициент мы будем минимизировать в дальнейшем, чтобы получить наилучшее распределение освещения.

Теоретические исследования проведены при следующих характеристиках осветительного прибора  $l_c = 60$  см,  $n = 24$ ,  $n_D = 7$ ,  $i_k = 15$  кд,  $R = 3$  см,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$  в помещении длиной  $a = 3$  м и шириной  $b = 3$  м, высота подвеса  $H = 2,8$  м. Распределение освещенности для искомых значений помещения представлено на рисунках 2.17, 2.18.

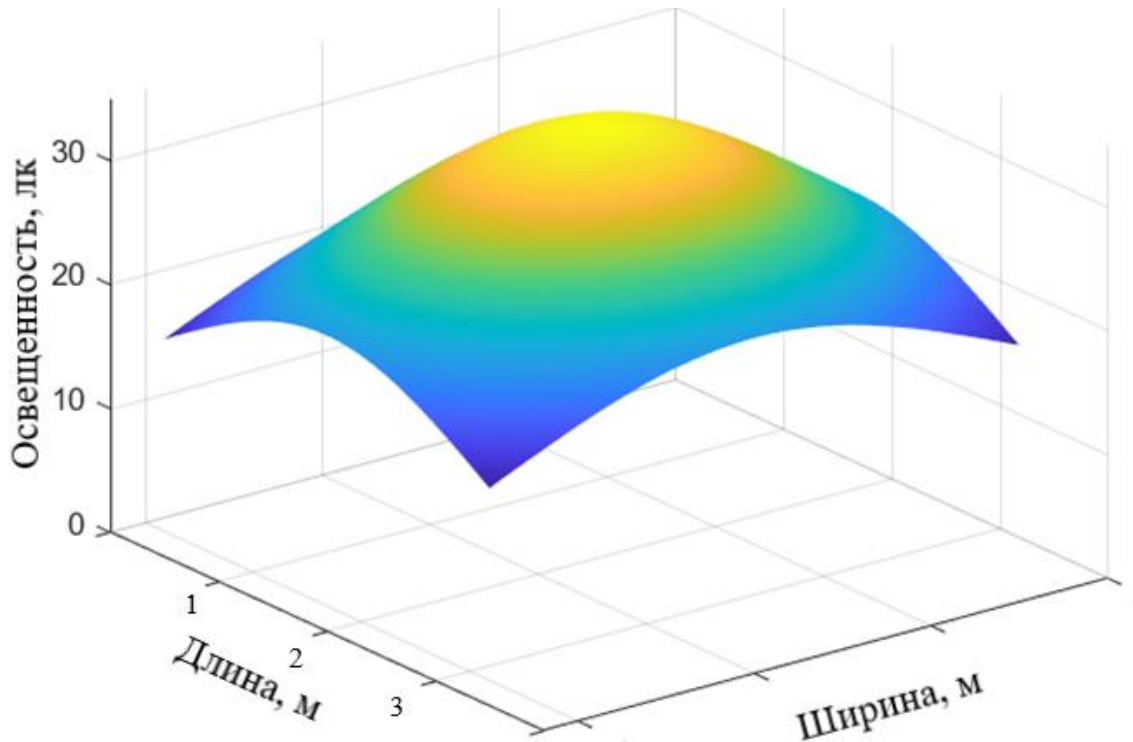


Рисунок 2.17 – Распределение освещенности в помещении с размерами 3х3 м

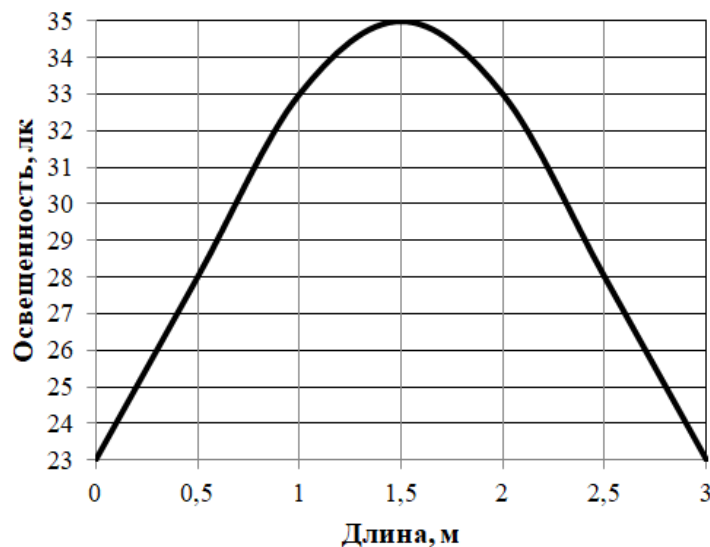


Рисунок 2.18 – Теоретические расчеты для 1 осветительного прибора

Теоретические расчеты освещенности от 2 светильников представлены на рисунках 2.19, 2.20.

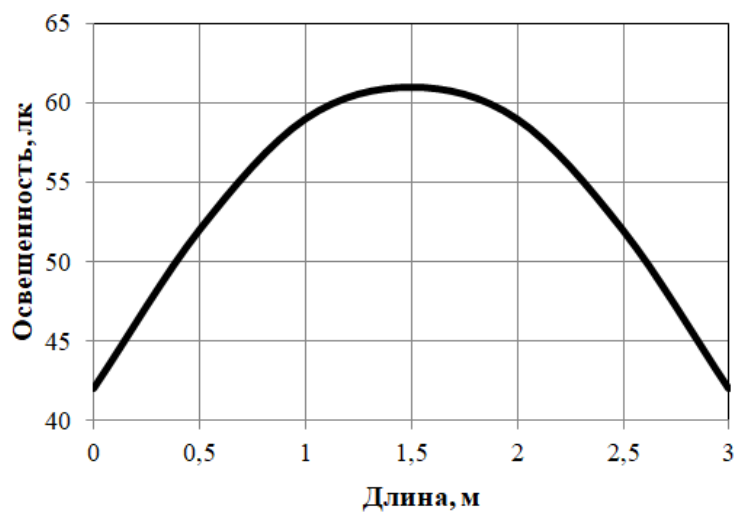


Рисунок 2.19 – Моделирование теоретических расчетов при последовательном расположении двух светильников ( $w=0,38$ )

При многорядном расположении осветительных приборов изменяется величина освещенности в зависимости от их высоты подвеса (рисунок 2.20).

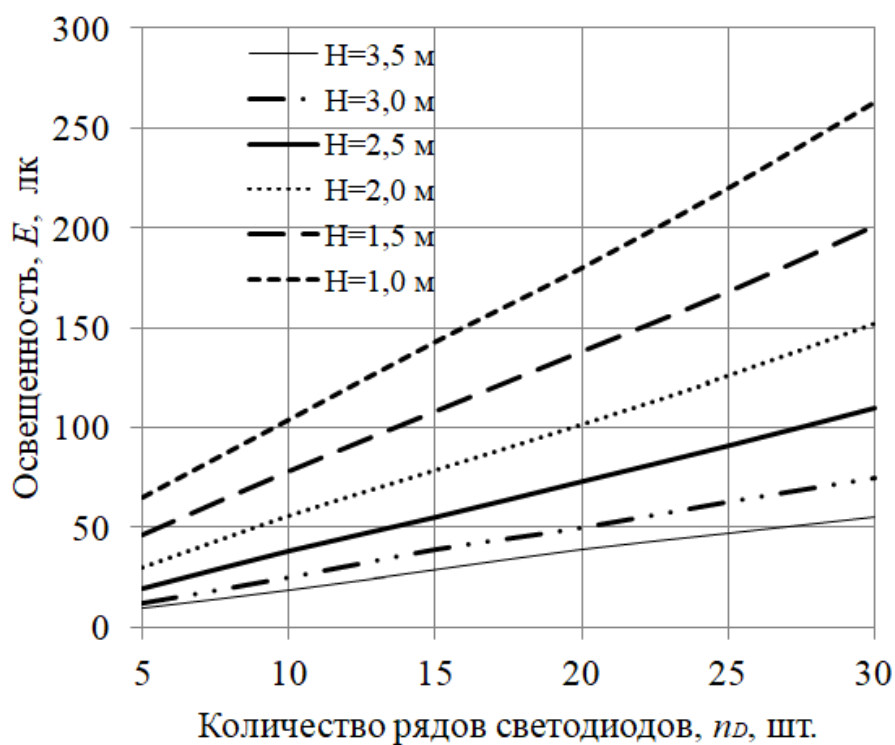


Рисунок 2.20 – Изменение освещенности от количества рядов светодиодов

Изменение освещенности от высоты подвеса осветительного прибора при различных значениях угла излучения светодиода показывает, что при увеличении угла излучения от  $15^\circ$  до  $30^\circ$  освещенность растет до 8 %.

Оценку качества освещения провели с учетом теоретических исследований с учетом систем технологического освещения производственных условий ООО птицефабрика «Удмуртская». Исследования провели на основе 2 птичников размерами 66x12 и 78x18.

Расчет параметров осветительных приборов и их расположение определено в помещении размерами  $b = 66$  м,  $a = 12$  м. Будем подбирать следующие параметры:  $L$  – расстояние между рядом осветительных приборов;  $n_D, n, N$  – количество излучающих диодов на дуге, количество дуг диодов в светильнике и количество светильников;  $H$  – высота монтажа светильника до рабочей поверхности. Для освещения птичника в промышленных условиях применяется 72 светодиодных светильника мощностью 19,2 Вт на высоте подвеса  $H = 3,5$  м. В предлагаемом светодиодном светильнике применялись узконаправленные излучающие диоды малой мощности равной 0,08 Вт (диаметром не более 5 мм) распределены по рядам продольно ( $j = 3$ ). Работа светодиодов при  $U=3V$  и  $I=0,02A$  и не требуют охлаждения. Суммарная мощность системы освещения составляет 1382,4 Вт. Согласно расчетам освещенности (приложение Б) интервал коэффициент неравномерности освещения равен в пределах от 1,1717 до 1,1699. Исследования проведены для светодиодов с углом раскрытия светового потока светодиодов равных от  $15^\circ$  до  $30^\circ$ , осевой силой света  $I_\alpha = 20$  кд, потребляемая мощности светодиода 0,06 Вт.

При расчете будем считать, что у светодиодные светильники имеют следующие конструктивные параметры - длина  $l_c = 0,6$  м, радиус  $R = 0,03$  м, начальный угол  $\beta = 45^\circ$ , сила света одного светодиода  $I_\alpha = 20$  кд, а также его угол раствора светового конуса  $\alpha$ . Помимо этих параметров мы будем изменять количество рядов светильников  $j$ .

Известно, что для реального помещения с такими размерами используют 3 ряда светильников. В общей сложности для освещения используют 72



светодиодных светильника с высотой подвеса 3,5 м, при этом коэффициент неравномерности распределения может достигать значения 1,27. Подберем параметры для предлагаемого светильника, чтобы обеспечить значение коэффициента  $z$  не ниже чем 1,27 только для двух рядов светильников (то есть  $j=2$ ).

Определим параметры светильника, при которых будет достигнут минимальный коэффициент неравномерности при разных значениях угла  $\alpha$ .

В таблице 2.2 приведены результаты при разных значениях угла  $\alpha$ .

Таблица 2.2 – Результаты расчета птичника размерами 66х12 м

| $\alpha$ | $n_D$ | $n$ | $N$ | $L, \text{м}$ | $H, \text{м}$ | $E_{\text{ср}}, \text{лк}$ | $z$    | $W, \text{Вт}$ |
|----------|-------|-----|-----|---------------|---------------|----------------------------|--------|----------------|
| 15°      | 16    | 30  | 58  | 7,00800       | 3,58928       | 100,7700                   | 1,1717 | 1670,40        |
| 20°      | 11    | 26  | 52  | 7,00928       | 3,58168       | 112,1792                   | 1,1737 | 1098,24        |
| 25°      | 9     | 25  | 48  | 7,01736       | 3,58409       | 118,0117                   | 1,1683 | 648,00         |
| 30°      | 7     | 24  | 46  | 7,00698       | 3,58600       | 122,5700                   | 1,1699 | 463,68         |

Из таблицы 2.2 видно, что при меньших значениях коэффициента неравномерности, чем в реальном помещении, а также наиболее оптимальный коэффициент неравномерности по продольной составляющей будет равен  $z=1,1699$  с удаленностью между 2-рядами в пределах  $L=7$  м (рисунок 2.21).

Предлагаемый светильник требует меньших затрат мощности. Мощность осветительного прибора при мощности одного светодиода 0,06 Вт вычисляем по формуле:

$$P_{\phi} = n \cdot n_D \cdot 0,06. \quad (2.31)$$

Также отметим, что лучше выбирать светодиоды  $\alpha = 30^\circ$ , поскольку они обеспечивают большую среднюю освещенность (рисунок 2.21). Теоретические исследования показали, что при расстоянии между рядами светильников  $L=7$  м при 2-х рядном распределении коэффициент неравномерности освещения соответствует  $z=1,17$  (рисунок 2.22).

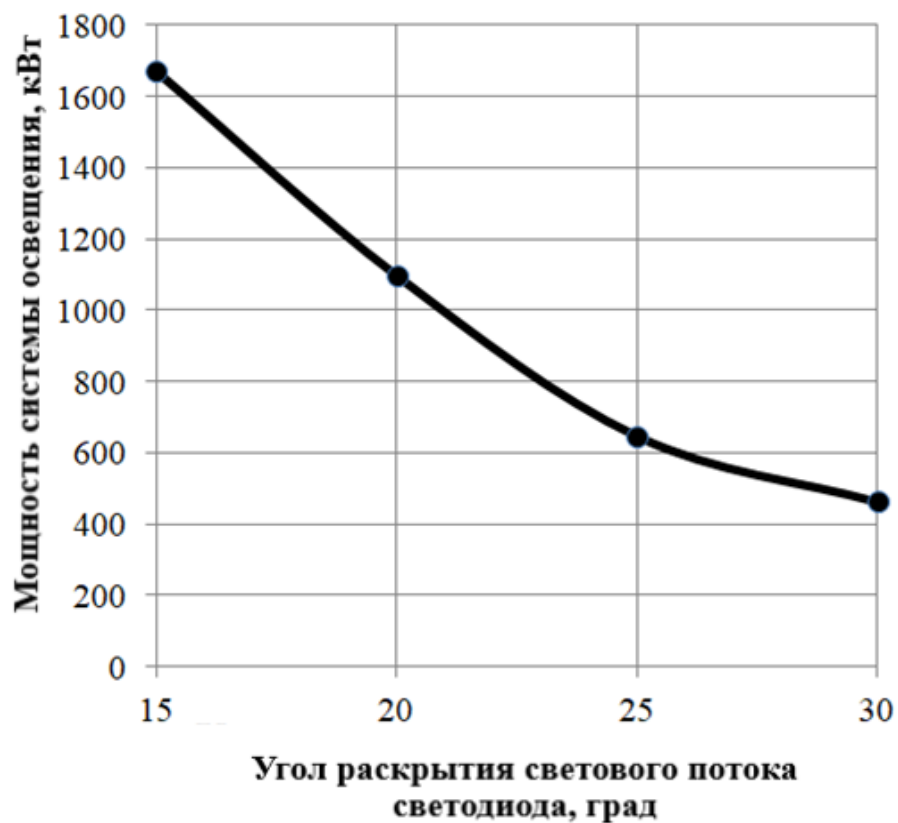


Рисунок 2.21 – Мощность освещения, исходящая от угла светового потока светодиода, при установке светильников в два ряда

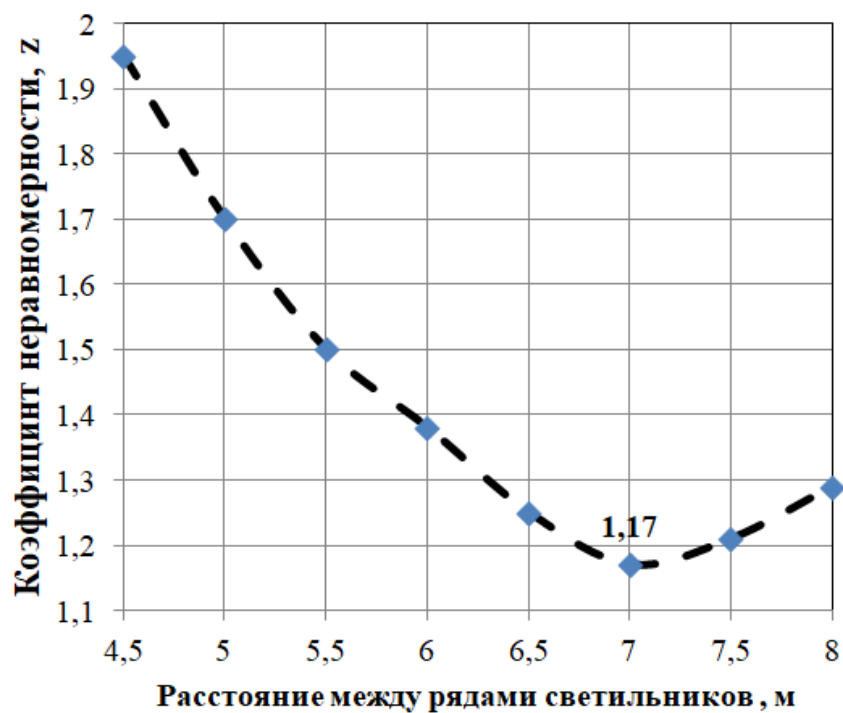


Рисунок 2.22 – Коэффициент неравномерности от расстояния при параллельном расположении 2-х рядов светильников

На рисунке 2.22 приведено распределение освещенности для  $\alpha=30^\circ$ , а на рисунке 2.23 расположение светильников в помещении.

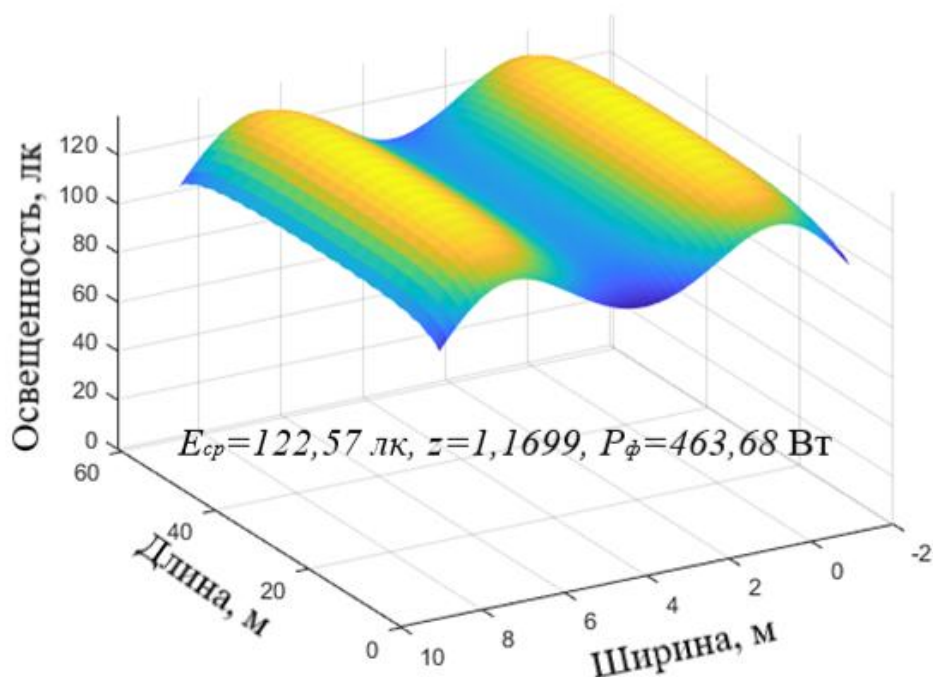


Рисунок 2.23 – Расчет освещенности при  $\alpha = 30^\circ$   
для птичника 66x12 м

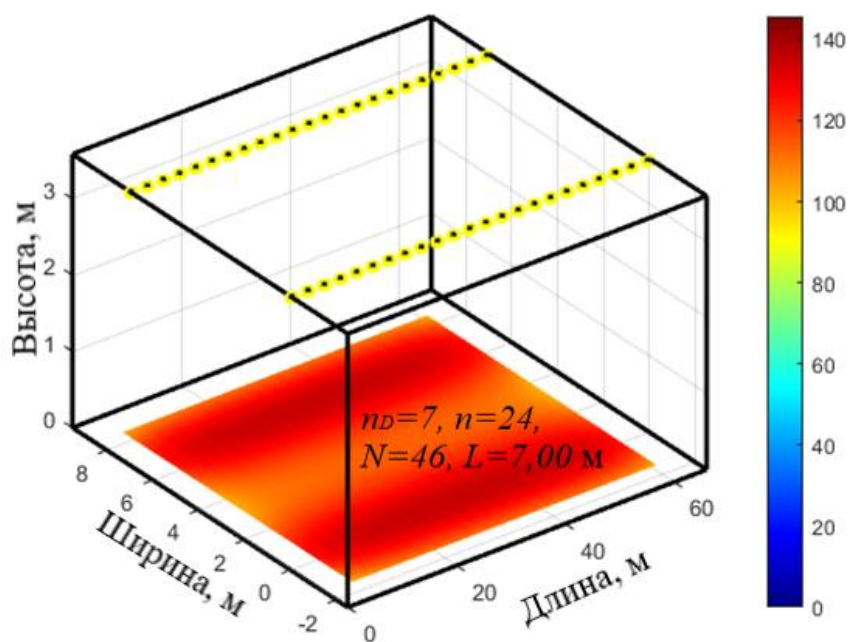


Рисунок 2.24 – Распределение освещенности при  
оптимальных параметрах для  $\alpha = 30^\circ$

Теоретические исследования показали, что в животноводческом помещении размером 66x12 м можно установить 46 светодиодных светильников, распределенных по  $j=2$  продольным рядам (вместо 3), с расстоянием между рядами 7,0 м, коэффициентом неравномерности освещения  $z=1,169$ . Каждый светильник содержит 168 штук светодиодов угол раскрытия светового потока  $30^\circ$ , а мощность одного составляет 10,08 Вт, что в 2,9 раза более эффективнее существующих осветительных приборов.

В помещении размерами 78x18 м распределено 3 ряда светильников, по 160 осветительных приборов марки GL036-D016.0N мощностью каждого в 16 Вт, суммарное потребление электроэнергии системы освещения составляет 2560 Вт.

Определим параметры, при которых будет, достигнут минимальный коэффициент неравномерности при разных значениях угла  $\alpha$  (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты расчета птичника размерами 78x18

| $\alpha$   | $n_D$ | $n$ | $N$ | $L, \text{м}$ | $H, \text{м}$ | $E_{\text{ср}}, \text{лк}$ | $z$     | $W, \text{Вт}$ |
|------------|-------|-----|-----|---------------|---------------|----------------------------|---------|----------------|
| $15^\circ$ | 17    | 30  | 84  | 6,56689       | 3,56733       | 114,0996                   | 1,16074 | 2570,4         |
| $20^\circ$ | 12    | 30  | 78  | 6,56482       | 3,57398       | 119,1615                   | 1,15898 | 1684,8         |
| $25^\circ$ | 10    | 28  | 72  | 6,55605       | 3,5812        | 126,4186                   | 1,15748 | 1209,6         |
| $30^\circ$ | 10    | 27  | 72  | 6,5568        | 3,58116       | 129,4875                   | 1,15699 | 1166,4         |

Согласно расчетам таблицы 2.3 определено, что при применении светоизлучающих диодов с углом раскрытия светового потока от  $15^\circ$  до  $25^\circ$  потребление электроэнергии в птичнике снижается от 13,3 % до 117,1 % при этом коэффициент неравномерности составляет от 1,156 до 1,160. При угле раскрытия светового потока  $30^\circ$  минимальное потребление электроэнергии равно 1116,4 Вт, средняя величина уровня освещенности составила  $E_{\text{ср}}=129$  лк (рисунки 2.25, 2.26)

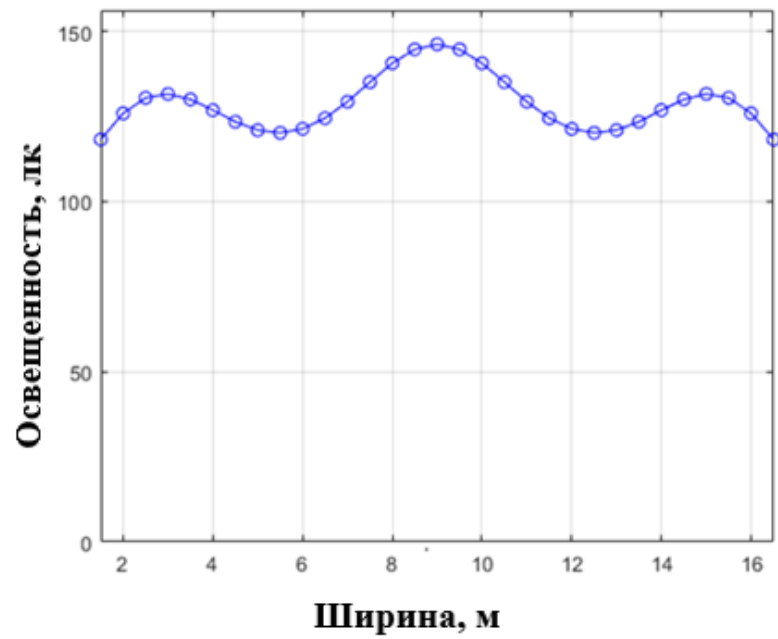


Рисунок 2.25 – Распределение освещенности при  $\alpha = 30^\circ$

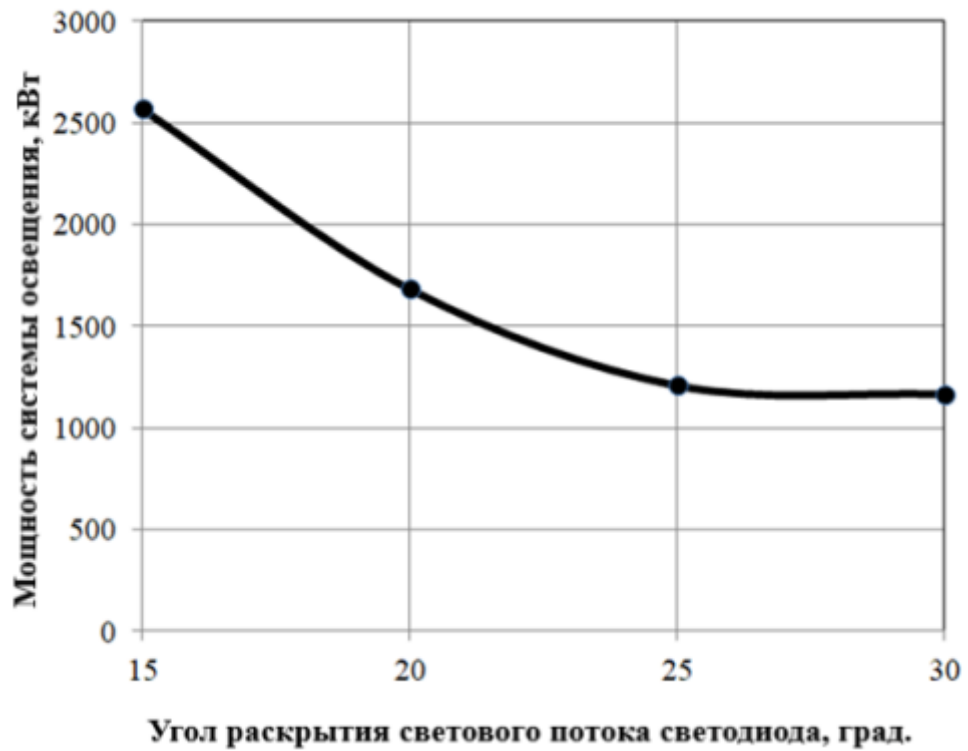


Рисунок 2.26 – Зависимость мощности системы от угла светового потока светодиода при трехрядном расположении светильников

Пример расчета пространственного распределения светового потока для одного из помещений птицеводческого помещения показан на рисунках 2.27, 2.28.

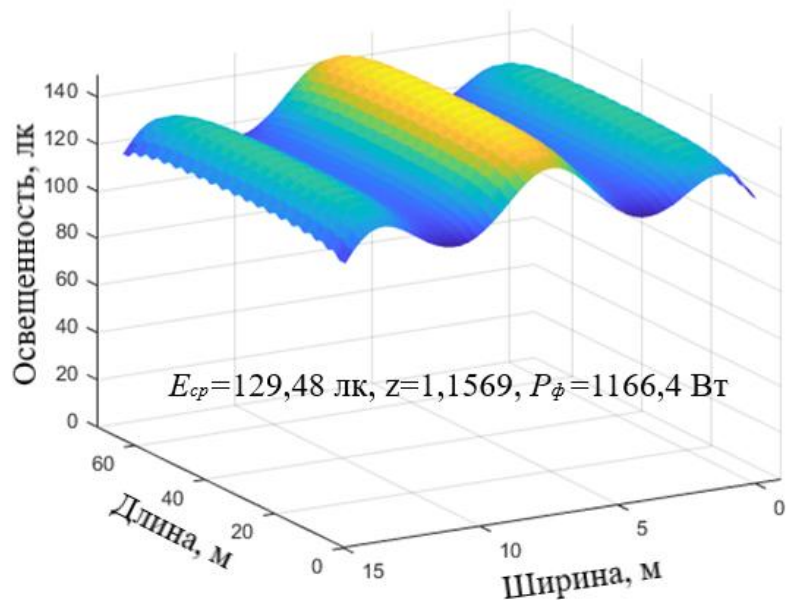


Рисунок 2.27 – Освещенность при  $\alpha = 30^\circ$   
для птицеводческого помещения размерами 78x18 м

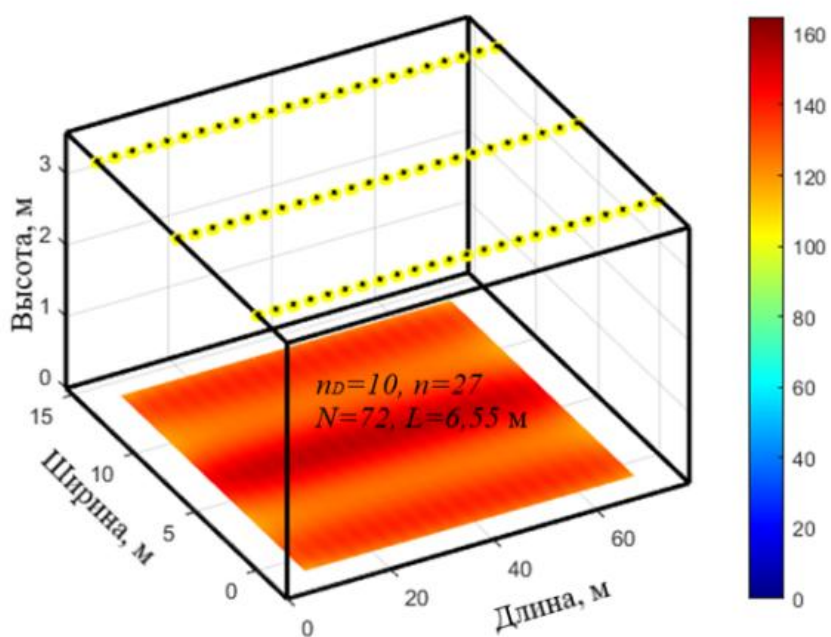


Рисунок 2.28 – Распределение освещенности  
в птицеводческом помещении при  $\alpha = 30^\circ$

Для промышленного птичника размерами 78x18 м применимо 72 светодиодных светильников, мощностью 16,2 Вт, распределенных по  $L = 3$  рядам продольно (вместо 4 существующих) при увеличении расстояния между рядами в 6,5 м. В светильнике 270 штук светодиодов с углом раскрытия  $30^\circ$ . Предложенное решение в 2,2 раза эффективнее используемого прибора в реальных производственных условиях. Коэффициент неравномерности освещения  $z = 1,156$ . Анализ полученных результатов показал, что при увеличении угла излучения для обеспечения нормированного значения освещенности и неравномерности освещения, уменьшается количество светодиодов, при этом мощность системы освещения уменьшается. Таким образом, можно сказать, что наиболее рациональной конструкцией светильника для освещения помещений являются осветительные приборы при угле раскрытия светового потока светодиода  $\alpha = 30^\circ$ , так как эффективность потребления электрической энергии возрастает в 2,6 раза.

#### **2.4 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника для освещения продольной составляющей в животноводческих помещениях**

Свет является одним из важнейших параметров животноводческих предприятий, оказывающих влияние на здоровье и физиологическое состояние животных [10, 15, 22, 41, 42, 77, 90, 91, 92, 93, 108, 109, 113, 121].

Особенностью освещения в животноводческих помещениях являются протяженные линии осветительных приборов, которые располагаются над горизонтальной поверхностью (кормушками). Для обеспечения качества освещения в животноводческих помещениях необходимо проводить исследования, посвященные разработке и научному обоснованию конструктивных и технологических параметров осветительных приборов.

Теоретические исследования конструктивных параметров осветительного прибора со светодиодами проведем на основе прямоугольной системы

координат с равным масштабом. Установим начало координат в центре плоскости  $ABCD$ . Ось  $Ox$  направлена вдоль светильника, ось  $Oy$  – поперек светильника, ось  $Oz$  – вертикально вверх (рисунок 2.29).

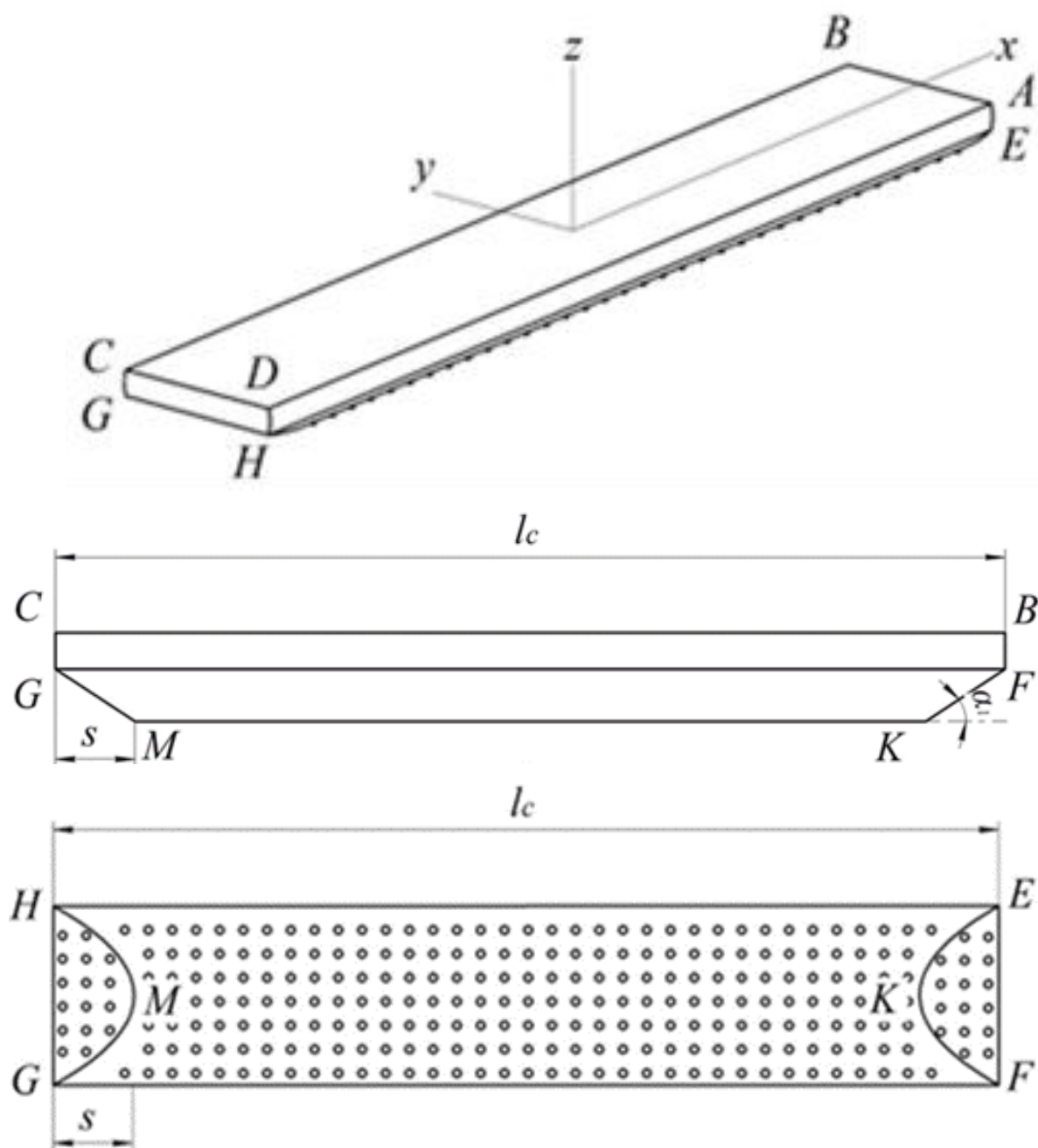


Рисунок 2.29 – Вид светильника в декартовых координатах [92]

Цилиндрическая поверхность осветительного прибора ограничена контуром и обозначена плоскостью  $AEKFBCGMHD$ :



$$\left. \begin{aligned} x &= t \\ y &= R \cos \varphi \\ z &= R \sin \varphi \\ t &\in \left[ -\frac{l_{св}}{2}; \frac{l_{св}}{2} \right], \varphi \in [0; \pi] \end{aligned} \right\}, \quad (2.32)$$

где  $l_{св}$  – длина светильника, м;

$R$  – радиус светильника, м;

$t, \varphi$  – параметры поверхности.

Плоскость, заключенная в контуре  $GMH$ :

$$\left. \begin{aligned} x &= U \cos \varphi_1 - \frac{l_{св}}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} + s \\ y &= v \\ z &= u \sin \alpha_1 \end{aligned} \right\}, \quad (2.33)$$

где  $\alpha_1$  – угол между плоскостями  $GMH$  и  $ABCD$ , град;

$s$  – протяженность наклонной части светильника вдоль оси  $Ox$ , м;

$u, v$  – параметры поверхности.

Плоскость, заключенная в контуре  $EFK$  [92]:

$$\left. \begin{aligned} x &= -u \cos \alpha_1 + \frac{l_{св}}{2} + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} - s \\ y &= v \\ z &= -u \sin \alpha_1 \end{aligned} \right\}, \quad (2.34)$$

где  $\alpha_1$  – угол между плоскостями  $EFK$  и  $ABCD$ , в градусах.

Плоскость, заключенная в контуре  $CDH$  [92]:

$$\left. \begin{aligned} X &= -\frac{l_{ce}}{2} \\ Y &= u \\ Z &= v \end{aligned} \right\}. \quad (2.36)$$

Плоскость, заключенная в контуре  $ABFE$ :

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{l_{ce}}{2} \\ Y &= u \\ Z &= v \end{aligned} \right\}. \quad (2.36)$$

Плоскость, заключенная в контуре  $ABCD$ :

$$\left. \begin{aligned} X &= u \\ Y &= u \\ Z &= 0 \\ u &\in \left[-\frac{l_{ce}}{2}; \frac{l_{ce}}{2}\right], v \in [-R; R] \end{aligned} \right\}. \quad (2.37)$$

Направление распределения светодиодов, а так же их расположения с целью визуальной проверки геометрической модели определяют линии пересечения поверхностей светильника.

Линия  $GMH$  [92]:

$$\left. \begin{aligned} X &= R \sin \varphi \operatorname{ctg} \frac{l_{ce}}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} + s \\ Y &= R \cos \varphi \\ Z &= -R \sin \varphi \\ \varphi &\in \left[ \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right); \pi - \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (2.38)$$

Линия  $EKF$ :

$$\left. \begin{aligned} X &= -R \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha_1 - \frac{l_{cg}}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} + s \\ Y &= R \cos \varphi \\ Z &= -R \sin \varphi \\ \varphi &\in \left[ \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right); \pi - \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (2.39)$$

Линия  $CG \cup HD$ :

$$\left. \begin{aligned} X &= -\frac{l_{cg}}{2} \\ Y &= R \cos \varphi \\ Z &= -R \sin \varphi \\ \varphi &\in \left[ 0, \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right) \right] \cup \left[ \pi - \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right), \pi \right] \end{aligned} \right\}. \quad (2.40)$$

Линия  $BF \cup EA$ :

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{l_{cg}}{2} \\ Y &= R \cos \varphi \\ Z &= -R \sin \varphi \\ \varphi &\in \left[ 0, \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right) \right] \cup \left[ \pi - \arcsin \left( 1 - \frac{s}{R} \operatorname{tg} \alpha_1 \right), \pi \right] \end{aligned} \right\}. \quad (2.41)$$

Положение линии, на которой располагаются светодиоды, будем определять углом  $\varphi_0$ . Расстояние между светодиодами одинаковое. Обозначим  $a$  расстояние по оси  $Ox$  от края светильника до последнего светодиода в линейке. Если в линейке находится  $N \geq 2$  светодиода, то положение  $i$ -го светодиода на поверхности светильника будет определяться следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned}
 x_i &= \frac{l_{ce} - 2a}{N - 1} \cdot (i - 1) - \frac{l_{ce}}{2} + a, \dots i = 1, 2, \dots N \\
 y_i &= R \cos \varphi_0 \\
 z_i &= \begin{cases} -R \sin \varphi_0 \\ -(x_i + \frac{l_{ce}}{2} + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} - s) \operatorname{tg} \alpha_1 \\ -(\frac{l_{ce}}{2} + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} - s - x_i) \end{cases} \\
 |x_i| &< \frac{l_{ce}}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} (1 - \sin \varphi) + s \\
 |x_i| &< \frac{l_{ce}}{2} + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} (1 - \sin \varphi) - s \\
 |x_i| &> \frac{l_{ce}}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} (1 - \sin \varphi) + s
 \end{aligned} \right\} , \quad (2.42)$$

где  $\alpha_1$  – угол между  $GMH$  и  $ABCD$ ,  $EFK$  и  $ABCD$  (называется далее угол скоса) (рисунок 2.30).

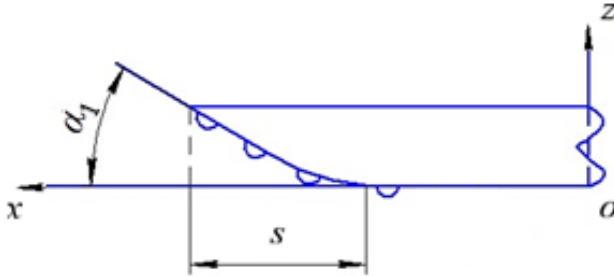


Рисунок 2.30 – Обозначение угла скоса )

Направление светораспределения светодиода устанавливается с помощью единичной внешней нормали  $\vec{n}$  поверхности в месте крепления (единичная внешняя нормаль есть корпус светильника) (рисунок 2.31):

$$\vec{n} = \begin{cases} (0, \cos \varphi_0, -\sin \varphi_0), |x_i| < \frac{L_1}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} (1 - \sin \varphi_0) + s \\ (-\sin \alpha_1, 0, -\cos \alpha_1), x_i < -\frac{L_1}{2} + \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha_1} (1 - \sin \varphi_0) - s \\ (\sin \alpha_1, 0, -\cos \alpha_1), x_i > \frac{L_1}{2} - \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} (1 - \sin \varphi_0) + s \end{cases} . \quad (2.43)$$

Ось координат  $OXYZ$  представленная глобальной системой координат имеет сонаправленное распределение с локальной системой. Расположение осветительного прибора представим радиус-вектором  $\vec{r}_n^L = (X_n, 0, H)$  ( $X_n$  – продольная координата осветительного прибора).

Светораспределение идущее из начала координат в эту точку обозначим радиус-вектором  $i$ -го светодиода  $n$ -го светильника  $\vec{r}_{i,n}$ , которое можно выразить через расчетное уравнение  $\vec{r}_{n,i} = \vec{r}_n^L + \vec{r}_{n,i}^L$  (рисунок 2.31) (где  $\vec{r}_{n,i}^L$  – радиус - вектор  $i$ -го светодиода  $n$  – го светильника в локальной системе координат)

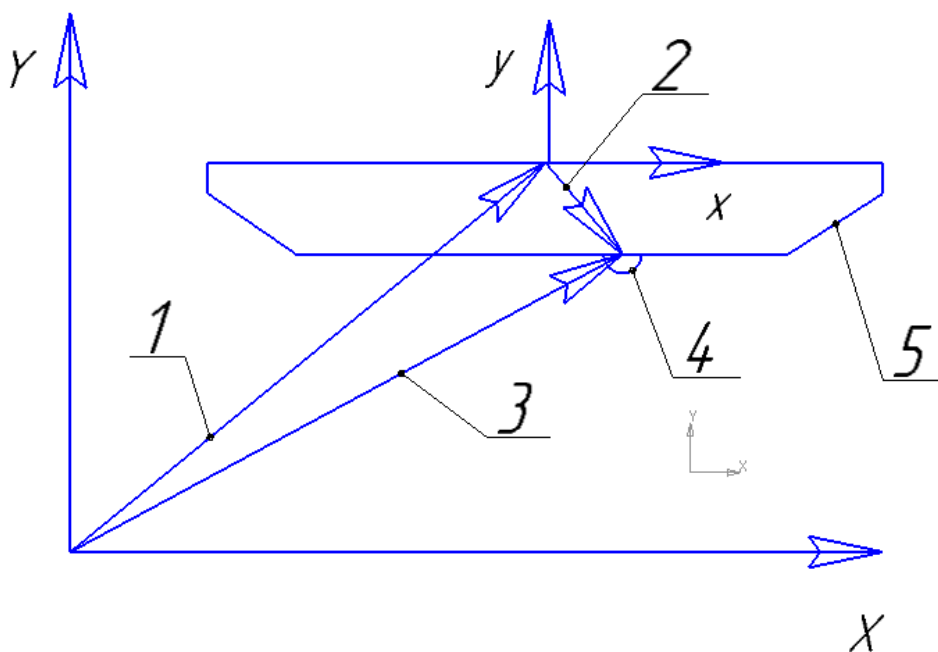


Рисунок 2.31 – Расположение  $i$ -го светодиода  $n$ -го светильника из начала координат в расчетную точку

$$\vec{r}_{n,i} = \vec{r}_n^L + \vec{r}_{n,i}^L \text{ где } 1 - \vec{r}_n^L; 2 - \vec{r}_{n,i}^L; 3 - \vec{r}_{i,n}; 4 - \text{светодиод};$$

5 – осветительный прибор со светодиодами

Рассчитаем угол между вектором идущим из начала координат до расчетной точки между направлением светораспределения и нормали (рисунки 3.32, 3.33):

$$\beta = \arccos \frac{\vec{n}_{i,n} \cdot (\vec{p} - \vec{r}_{n,i})}{|\vec{p} - \vec{r}_{n,i}|}. \quad (2.44)$$

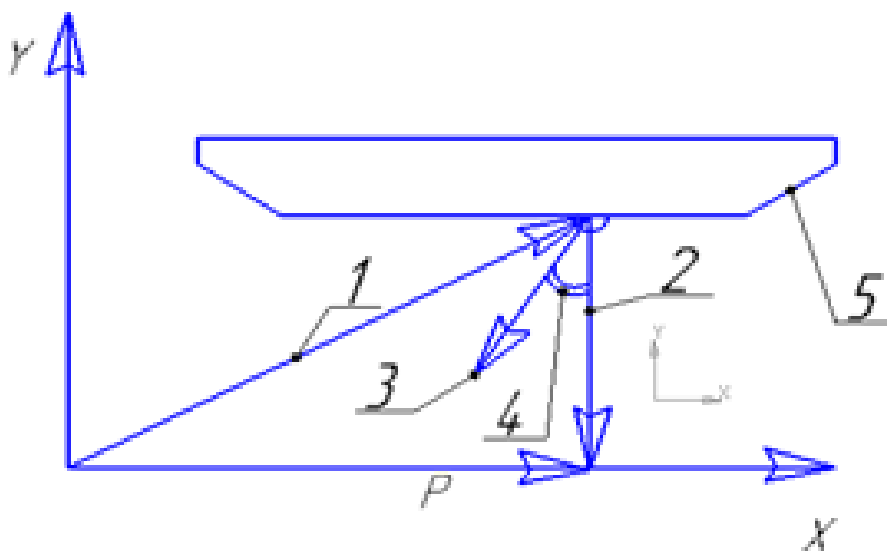


Рисунок 2.32 – Определение угла распределения освещенности:

1 –  $\vec{r}_{n,i}$ ; 2 –  $\vec{p} - \vec{r}_{n,i}$ ; 3 –  $\vec{n}_{i,n}$ ; 4 –  $\beta$ ; 5 – светильник

В случае угол  $\beta \leq \frac{\theta}{2}$ , то точка на рабочей поверхности освещается

расчетным светодиодом, если  $\beta > \frac{\theta}{2}$  то расчетная точка не освещается.

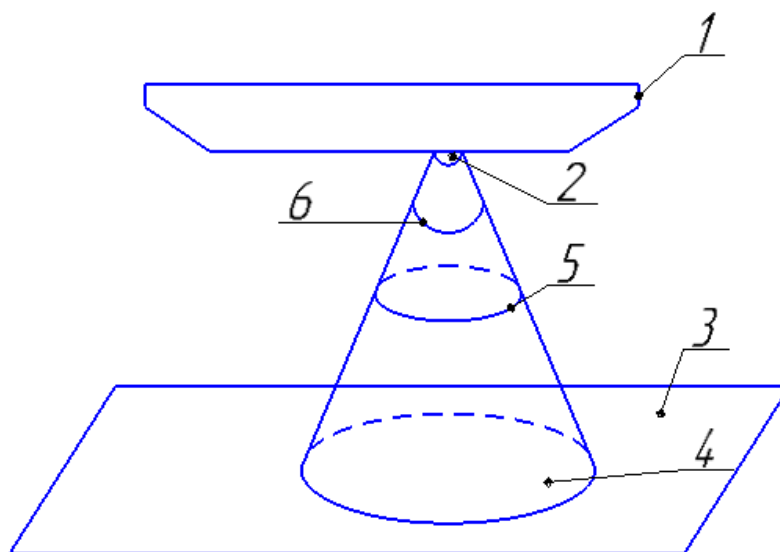


Рисунок 2.33 – Светораспределение 1 светодиода

1 – светильник; 2 – светодиод; 3 – рабочая площадь; 4 – освещаемая площадь светодиодом;  
5 – телесный угол; 6 – угол излучения светодиода

Освещенность определили согласно формуле [92, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198]

$$E_{i,n}(\vec{p}) = \frac{\Phi}{S} = \frac{I_{\alpha_1} \cdot 2\pi \cdot 1^2 \cdot (1 - \cos \frac{\theta}{2})}{L_1^2 \cdot 2\pi \cdot 1^2 \cdot (1 - \cos \frac{\theta}{2})} = \frac{I_o}{|\vec{p} - \vec{r}_{n,i}|^2} . \quad (2.45)$$

Общая освещенность определяется суммой от всех светодиодов:

$$E(\vec{p}) = \sum \sum E_{i,n}(\vec{p}) . \quad (2.46)$$

## 2.5 Методика расчета основных конструктивных параметров светодиодного светильника с повышенной концентрацией светового потока для освещения животноводческих помещений

При изменении конструкции и добавлении отражателей на боковой торец осветительного прибора, увеличивается величина освещенности горизонтальной поверхности (рисунок 2.33).

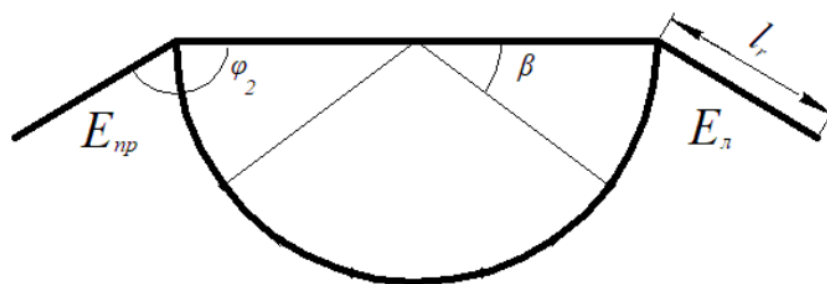


Рисунок 2.34 – Схематичное изображение осветительного прибора:  $E_{\text{л}}$  – освещенность от левого отражателя, лк;  $E_{\text{пр}}$  – освещенность от правого отражателя, лк;  $\varphi_2$  – угол от отражателя, град.;  $l_r$  – длина отражателя, м

Будем считать, что отражатели абсолютно одинаковы, и имеют длину  $l_r$  и прикреплены к осветительному прибору под углом  $\alpha_2$ . Суммарная

освещенность, задаваемая таким осветительным прибором, может быть представлена следующим образом:

$$E = E + E_{\text{л}} + E_{\text{пр}}, \quad (2.47)$$

где  $E_{\text{л}}$  – освещенность от левого отражателя, лк;

$E_{\text{пр}}$  – освещенность от правого отражателя, лк;

$E$  – освещенность, создаваемая осветительным прибором без отражателя, лк.

Освещенность, создаваемая осветительным прибором без отражателя определяется согласно (2.46):

координата определяется:

$$\left. \begin{aligned} x_k &= i_{0k-1} \cdot \frac{l_c}{n-1} + i_{1k} (l_c + S) \\ y_k &= i_{2k-1} \cdot l_c + R \cos(\gamma_{i3k}) \\ z_k &= R \cos(\gamma_{i3k}) \end{aligned} \right\}. \quad (2.48)$$

Для определения освещенности отражателем необходимо выполнить геометрическое построение отражения осветительного прибора в каждом из зеркал. Далее приведем построение только для правого отражателя, так как для левого отражателя построение аналогично. Освещенность от правого отражателя задается следующим образом:

$$E_{\text{пр}} = \sum_k \frac{I_0}{r_k'^2} \theta(r_k), \quad (2.49)$$

где  $r_k'$  – расстояние от точки на полу помещения до светодиода в отражении зеркала.

Иллюстрация работы функции  $\theta(r_k)$  приведен на рисунке 2.35.

Функция  $\theta(r_k)$  определяет пересечение вектора  $r_k'$  плоскости отражателя:





Для определения расстояния до точки на полу  $r'_k$  необходимо знать координаты каждого светодиода в отражении. Введем ту же систему координат, что и в предыдущем случае (без отражателей). Тогда координата

$$x_k = x'_k = i_{0k-1} \frac{l_c}{n-1} + i_{1k} (l_c S) \quad (2.50)$$

Для координат  $y'_k, z'_k$  необходимо определить величину  $f$  (рисунок 2.37).

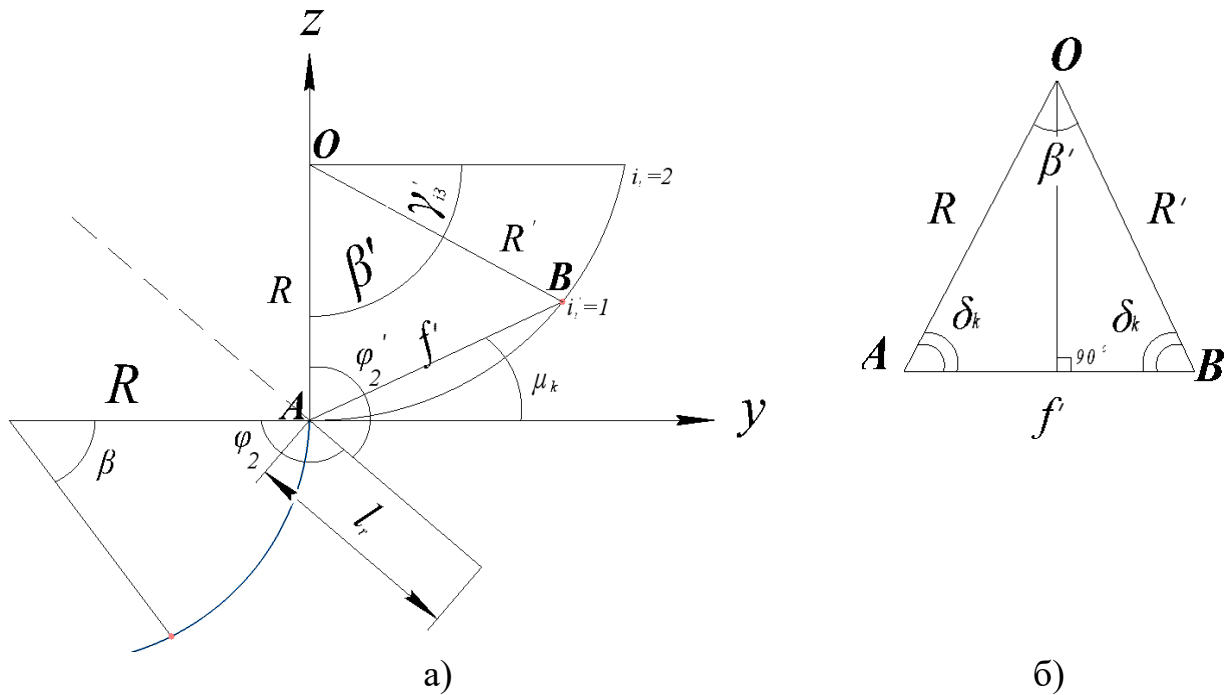


Рисунок 2.37 – Расчет построение отражения

Определим  $a$  для первого светодиода в отражении отражателя осветительного прибора. Поскольку полученный треугольник является равнобедренным, то отпускаемая из его вершины прямая также является медианой и биссектрисой (отрезок ОК). Следовательно, значение  $a = 2R \sin(\frac{\beta}{2})$ . Заметим, что такое значение верно для 1-ого светодиода в осветительном приборе. Для определения величины  $a$  для каждого светодиода введем нумерацию светодиодов  $i'_3 = 1 \dots n_0$  (рисунок 2.34).

При построении последующих светодиодов (рисунок 2.36, б) при угле АОВ в треугольнике АОВ будет вычисляется  $\beta + \gamma_{i3'}$ , где  $\gamma_{i3'} = i'_{3k-1} \cdot \frac{\pi - 2\beta}{n_D - 1}$ .

Таким образом, для каждого светодиода вычисляется величина  $f$ :

$$f = 2R \sin\left(\frac{\beta + \gamma'_{i3}}{2}\right). \quad (2.51)$$

Определив  $\alpha$ , определяем проекции этой величины на оси Oy и Oz (рисунок 2.36)

Угол  $\mu_k$  определяется как

$$\mu_k = \varphi_2 - \pi - \delta_k, \quad (2.52)$$

где  $\delta_k$  - угол в треугольнике AOB

$$\delta_k = \frac{\pi - (\beta + \gamma'_{i3})}{2} \quad (2.53)$$

Таким образом, получим:

$$\left. \begin{aligned} y'_k &= i_{2k-1} \cdot l_c + R + f \cos \mu_k = i_{2k-1} \cdot l_c + R + 2R \sin\left(\frac{\beta + \gamma'_{i3}}{2}\right) \\ z'_k &= -f \sin \mu_k = -2R \sin\left(\frac{\beta + \gamma'_{i3}}{2}\right) \sin \mu_k \end{aligned} \right\}. \quad (2.54)$$

Подставив полученные координаты в выражение (2.48), получим освещенность:

$$E_{np} = \sum_{i_{0k}=1}^n \sum_{i_{1k}=1}^{\overline{j}} \sum_{i_{2k}=1}^j \sum_{i'_{3k}=1}^{n_D} \frac{I_o \cdot \theta(r'_k)}{r_k'^2}. \quad (2.55)$$

где  $r'_k$  – расстояние светодиода до точки на полу определяется по формуле:

$$r'_k = \sqrt{(x - x'_k)^2 + (y - y'_k)^2 + (z - z'_k)^2} \quad (2.56)$$

Аналогично определяем для левого отражателя, за исключением:

$$y'_k = i_{2k-1} \cdot l_c - R - f \cos(\mu_k).$$

## 2.6 Разработка алгоритмов и программ моделирования конструкции светодиодных осветительных установок по критерию освещенности и минимума энергопотребления для различных животноводческих помещений

Так как светильники в животноводческом помещении располагаются на одной высоте и на равном расстоянии в одну линию вдоль кормового стола, распределение освещенности можно считать периодическим, за исключением краевых границ помещения. Поэтому оценку качества освещенности проведем по вкладкам трех светильников, расположенных линейно для участка помещения, как показано на рисунке 2.38.

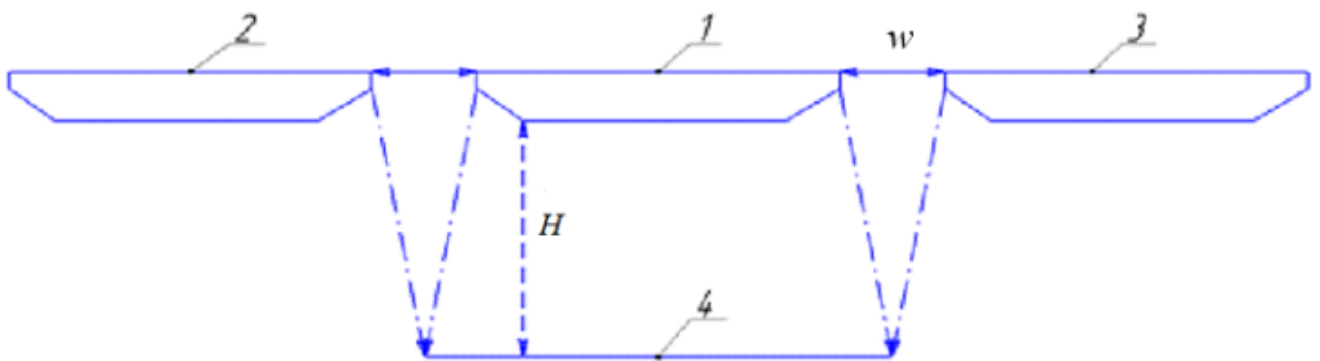


Рисунок 2.38 – Распределение светодиодных осветительных приборов

В качестве варьируемых параметров определяем: 1) расстояние  $w$  между светильниками; 2) высоту  $H$  подвеса светильника; 3) расстояние  $a$  от края светильника до первых светодиодов линеек; 4) угол  $\alpha_1$  между наклонной частью светильника и его верхней поверхностью; 5) протяженность  $b$  наклонной части светильника; 6) угол  $\varphi$ , задающий положение первой линейки на светильнике; 7) количество  $N_i$  светодиодов на  $i$ -й линейке,  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Качество освещения оценивается максимальным значением освещенности  $E_{\max}$  и неравномерностью  $z = E_{\min}/E_{\text{ср}}$ , где  $E_{\text{ср}}$  – среднее значение освещенности,  $E_{\min}$  – минимальное значение освещенности. Требуется

выбрать параметры светильника, обеспечивающие наименьшее отклонение величин  $E_{\text{макс}}$  и  $z$  от их нормированных значений  $E_{\text{норм}}$  и  $z_{\text{норм}}$ .

Для расчета освещенности и подбора значений параметров осветительного прибора представлена функция минимизации, что позволит значительно ускорить решение уравнений:

$$F = \left( \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{норм}}}{E_{\text{норм}}} \right)^2 + \left( \frac{z_{\text{макс}} - z_{\text{норм}}}{z_{\text{норм}}} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (2.57)$$

### *Определение параметров светильника*

Расчет параметров и определение геометрических размеров светильника проведен при следующих параметрах: длина светильника составит 1,2 м, радиус 10 см. Качество освещения (определение коэффициента неравномерности и освещенности) представим решением уравнения (2.57). Решение, которого предполагает ряд трудностей. Для решения большого объема вычислений уравнения (2.57) разработана программа расчета (глава 3), визуализация общего решения на рисунке 2.3 (приложение Б.).

По результатам расчета видно, что минимальные расчетные значения при высоте подвеса светильника  $H$ , равном 1,8 м (согласно технологии содержания животных), угле скоса  $\alpha_1$  равном от 12,63 до 16,01° (рисунок 2.39) и расстоянии между светильниками от 0,5 до 0,96 м. Далее наблюдается уменьшение значений  $i$ , начиная с 16,79° и расстояния 0,558 м, уменьшение функции с увеличением угла и расстояния между осветительными приборами.

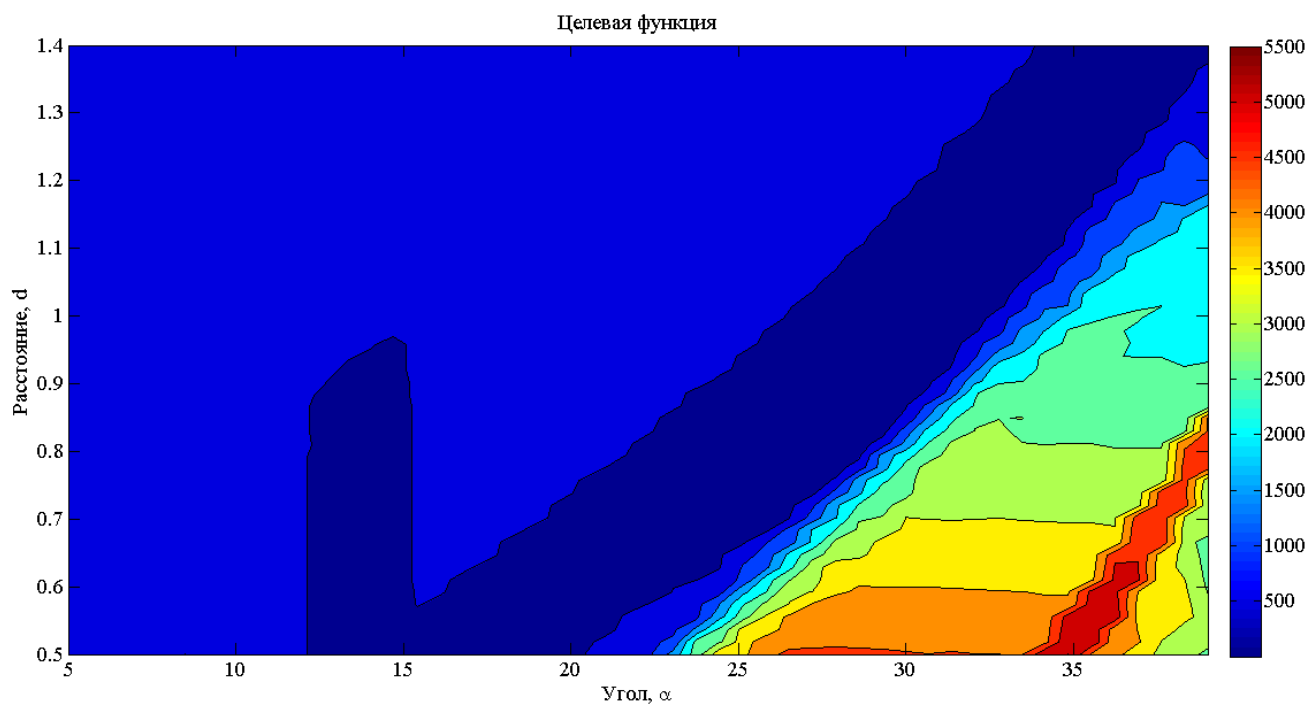


Рисунок 2.39 – Результаты расчета целевой функции при высоте подвеса 1.8 м

Минимальные значения функции при угле скоса  $\alpha_1$  (рисунок 2.39) равно  $14,76^\circ$  и расстоянии между светильниками 0,96 м.

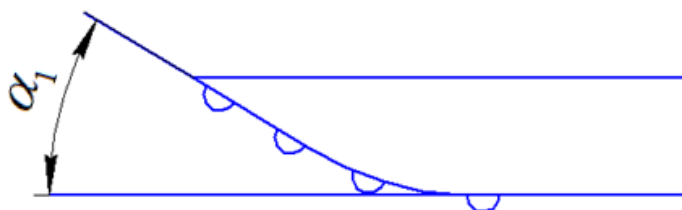


Рисунок 2.40 – Представление угла скоса

Расчет влияния расчетных конструктивных параметров (с учетом изменения удаленности светильников и углов скоса) представлен на рисунках 2.41 – 2.43. Теоретические расчеты приведены с учетом технологии содержания животных (при высоте подвеса светильника равно 1,8 м и анализе источников литературы – уровень освещенности при содержании коров уровень освещенности рекомендуется в диапазоне 50 – 300 лк) [15, 16, 18, 22, 35, 37, 38, 41, 42, 46, 75, 77, 80, 82, 119, 121, 127].

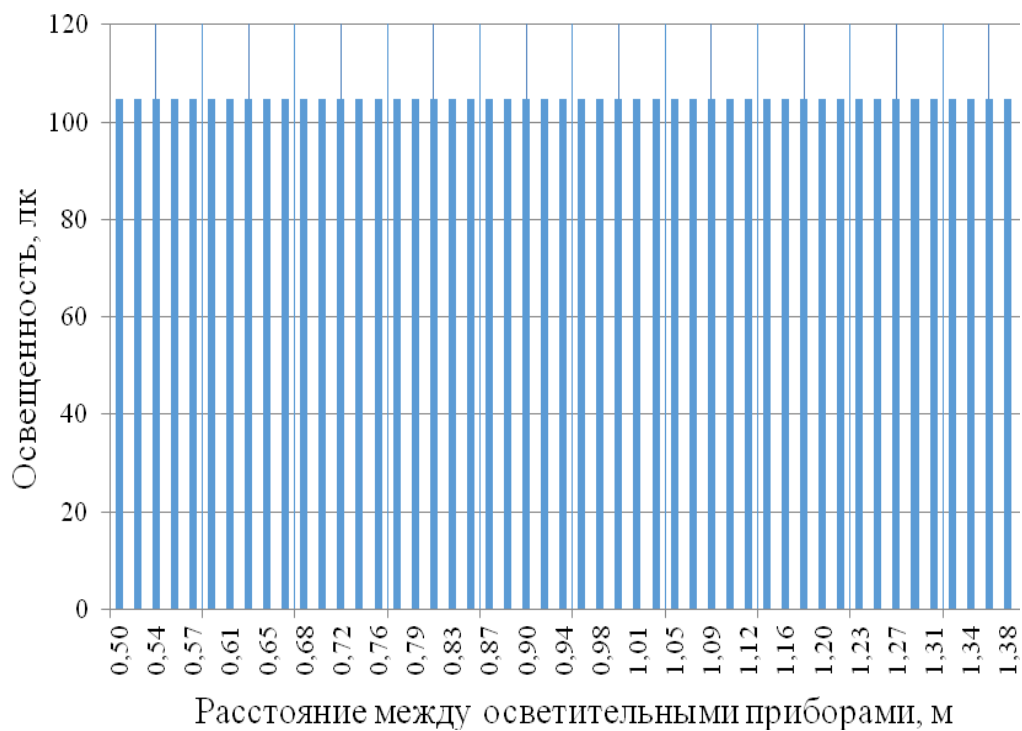


Рисунок 2.40 – График распределения освещенности при  $H=1,8$  м и  $\alpha_1=7,07^\circ$

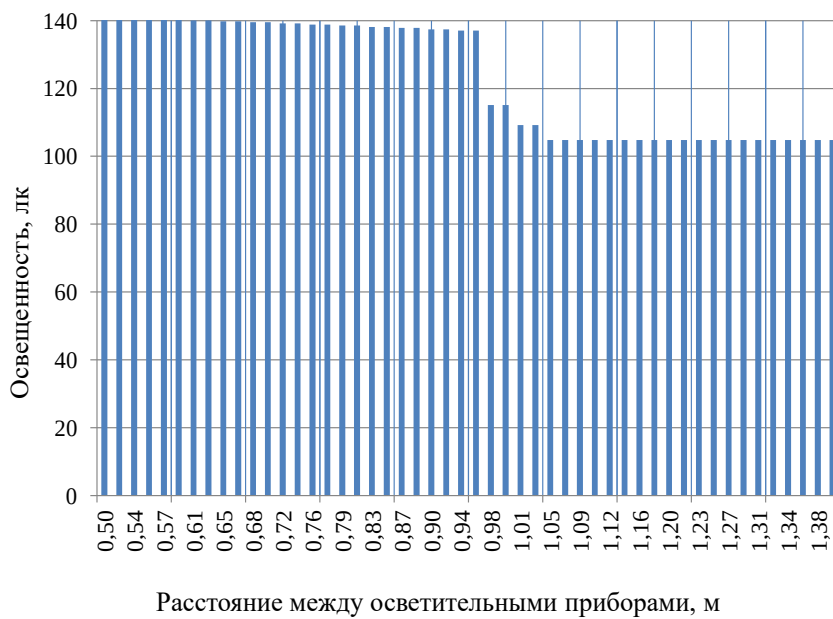


Рисунок 2.42 – График распределения освещенности при  $H=1,8$  м и  $\alpha_1=12,63^\circ$

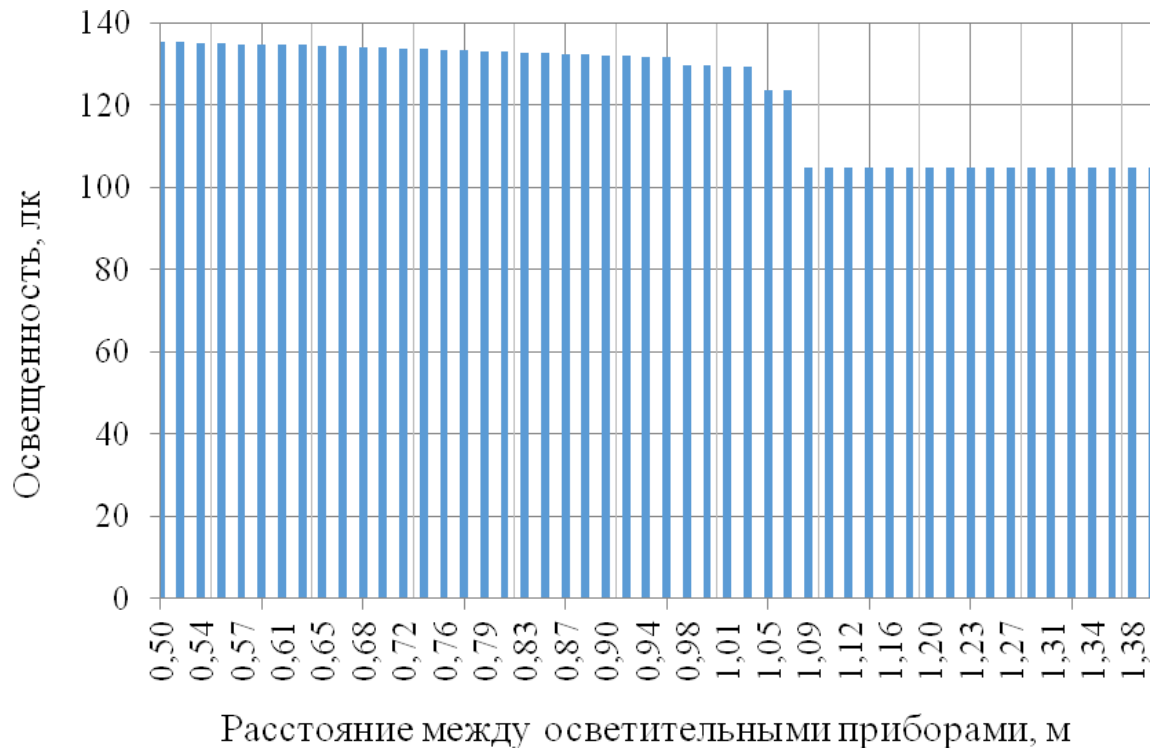


Рисунок 2.43 – График распределения освещенности при  $H=1,8$  м и  $\alpha_1 = 14,76^\circ$

Графики показывают (приложение Б), что освещенность при угле скоса  $\alpha_1 < 10^\circ$  и увеличении  $w$  остается равным 104,79 лк. С  $\alpha_1 = 12,63^\circ$  освещенность снижается при увеличении  $w$  наблюдается следующие изменения освещенности. Когда возрастает  $w$  от 0,5 до 0,61 м, освещенность изменяется от 141,02 до 140,1 лк. В диапазоне  $w$  от 0,81 до 0,96 м освещенность составляет от 138,57 до 137,11 лк, а при  $w$  от 1,2 до 1,4 м она снижается до 104,79 лк. При угле скоса  $\alpha_1 = 14,76^\circ$  и увеличении  $w$  от 0,5 до 0,61 м освещенность варьируется от 135,38 до 134,57 лк. В интервале  $w$  0,81– 0,96 м освещенность составляет от 133,07 до 131,73 лк, при расстоянии  $w$  от 1,2 до 1,4 м освещенность снижается до 104,79 лк.

Графическое представление зависимостей освещенности от  $w$  при различных  $\alpha_1$  равное  $12,36^\circ$ ,  $14,76^\circ$ ,  $16,10^\circ$  представлены на рисунке 2.44.



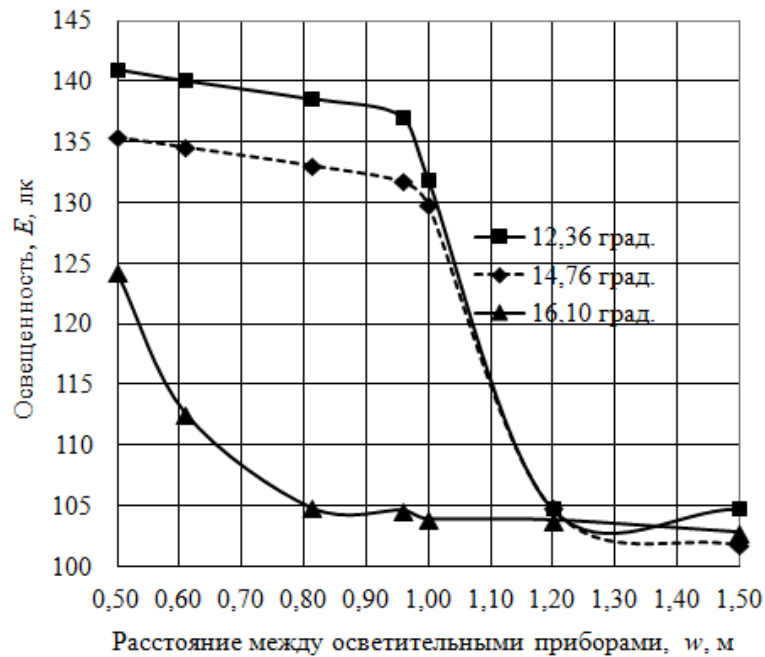


Рисунок 2.44— Динамика изменения освещенности от расстояния между осветительными приборами

Коэффициент неравномерности освещения является наиболее значимой качественной характеристикой [3, 22, 26, 53, 54].

Теоретические исследования показали (рисунки 2.44, 2.45), что коэффициент неравномерности освещения на горизонтальной рабочей поверхности при угле скоса  $14,76^\circ$  и расстоянии 0,5 м равен 3,04. При увеличении расстояния до 0,96 м этот коэффициент до 1,49.

При увеличении расстояния с 0,96 м до 1,4 м коэффициент неравномерности освещения возрастает до 10,1. При угле скоса  $25,12^\circ$  коэффициент неравномерности составляет 19,15 при расстоянии между осветительными приборами 0,5 м. Если расстояние составляет 0,96 м, коэффициент неравномерности равен 21,43, при 1,2 м он составляет 1,85, а при увеличении расстояния до 1,4 м – 1,77. При угле скоса  $39,00^\circ$  наименьший коэффициент неравномерности освещения составил 2,13 при удалении осветительных приборов друг от друга 1,4 м.

Расчетные зависимости показали, что при коэффициенте неравномерности  $\alpha_1 = 14,76^\circ$ , при  $w = 0,96$  м освещенность составила 131,73 лк, (рисунок 2.44).

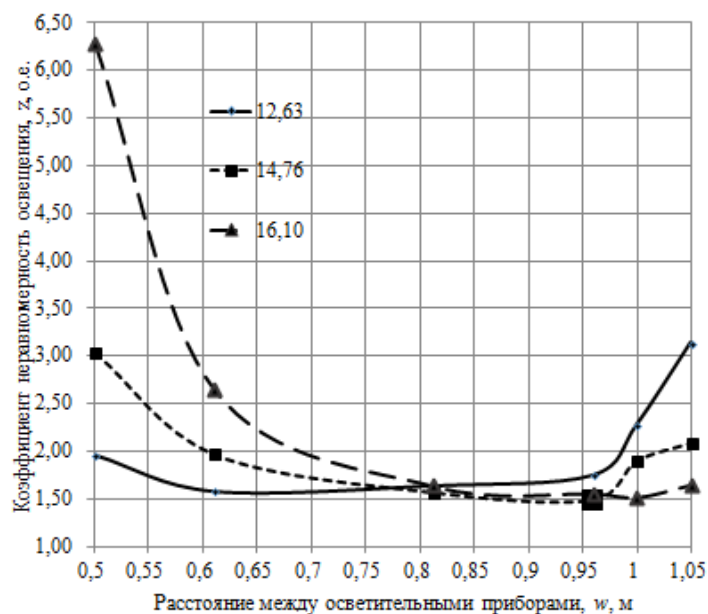


Рисунок 2.44 – Динамика изменения коэффициента неравномерности освещения от расстояния между осветительными приборами со светодиодами

Изменение конструкции светильника согласно пункту 2,5, позволит изменить конструкцию осветительного прибора добавив отражатели на боковой торец осветительного прибора. Исследования показали, что при изменении конструктивных параметров величина освещенности рабочей поверхности изменяется (рисунок 2.46).

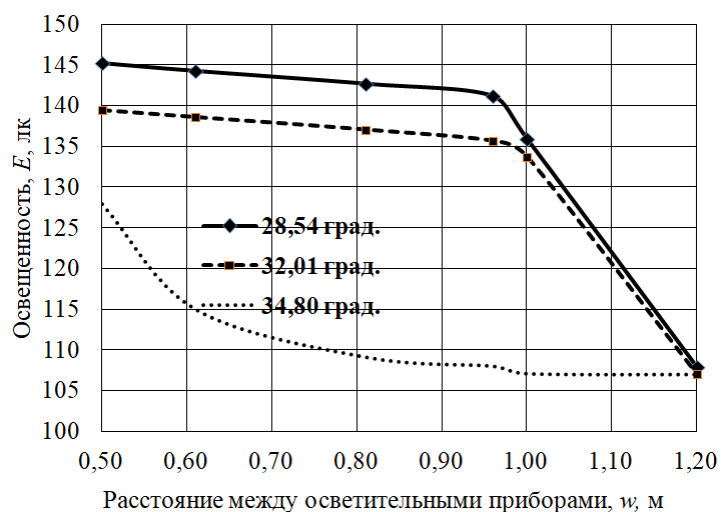


Рисунок 2.46 – Зависимость освещенности от расстояния между осветительными приборами при  $H=1,8$  м

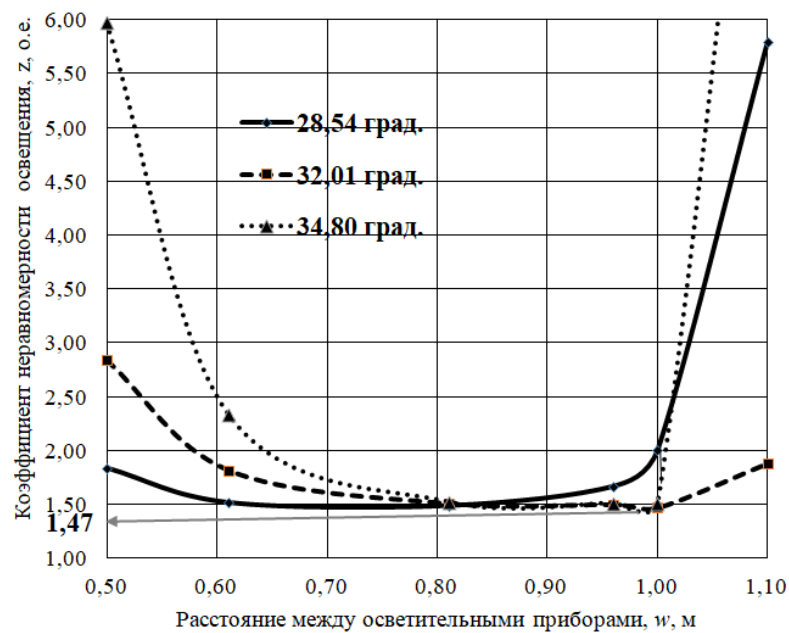


Рисунок 2.47 – Изменение коэффициента неравномерности освещения от расстояния между осветительными приборами при  $H=1,8$  м

Для изготовления окончательного варианта светильников выбираем расстояние между двумя крайними светильниками, расположенными линейно на расстоянии 0,96 м, с углом скоса, равном  $14,76^\circ$ . Длина осветительного прибора составляет 1,2 м, радиус 10 см, семь линеек светодиодов, расположенных с интервалом не менее  $10^\circ$ , расстояние между светодиодами на одной линейке 25 мм. Были выбраны светодиоды FYL3014WWC/S со следующими характеристиками: светотдача — 95...115 лм/Вт, цветовая температура 3000К, цвет тепло — белый, угол излучения —  $30^\circ$ , номинальная мощность одного светодиода — 0,06 Вт, при мощности светодиода равном 0,08 Вт.

## 2.7 Выводы по главе

1. Для повышения продуктивности животных необходимо ориентироваться на условие (2.3) и добиться освещенности на рабочей поверхности необходимой для животных (птичниках, свинарниках,

коровниках), при которой животное имеет умеренную активность; обеспечить световой поток и спектр излучения  $\Phi_{\lambda_0}$  в соответствии с возрастом животного; длительность  $t_0$  и периодичность  $\Pi_0$  светового дня в соответствии с биологическими ритмами животного, а также обеспечить наименьшую фактическую потребляемую мощность  $P_{\phi}$ .

2. По результатам математического анализа применения искусственной системы светодиодного освещения в животноводческих помещениях установлено, что спектр излучения определяется типом светодиодных источников света; продолжительность и периодичность светового дня определяется типом программного устройства для светодиодов; освещенность, равномерность освещения в помещении и потребляемая мощность ИСО зависят от высоты подвеса осветительных приборов, которую целесообразно использовать для птичников – 1,0 м; для свиноводов – 1,5 м; для коровников – 1.8 м; а также от КСС, которые определяются геометрическими (конструктивными) особенностями светодиодных осветительных приборов.

3. Разработан метод расчета оценивания рациональных параметров светильника в зависимости от высоты подвеса светильников и расстояния между рядами птичника. Проведенная оценка потребления электроэнергии при рациональном числе светодиодов распределенных по светильникам определили его конструктивные параметры, определено, что наиболее эффективной системой освещения, обеспечивающей нормируемую освещенность, являются осветительный прибор на основе светодиодов с углом раскрытия светового потока от  $15^0$  до  $30^0$ .

4. Разработана методика расчета основных конструктивных параметров (расстояния от края светильника до первых светодиодов линеек, углов скоса, протяженности  $b$  наклонной части светильника, количества  $N_i$  светодиодов на  $i$ -й линейке,  $i = 1, 2, \dots, n$ ) в зависимости от расстояния между тремя светильниками, расположенными линейно.

5. Разработана математическая модель и получена функция (2.57) распределения освещенности, описывающая взаимосвязь между освещенностью и неравномерностью освещения, позволяющая оценить

конструктивные параметры осветительного прибора. Определены конструкции осветительного прибора со светодиодами позволяющие обеспечить равномерную освещенность на кормовом столе при угле скоса осветительного прибора, находящимся в пределах от  $12,02^\circ$  до  $16,10^\circ$  и максимальном расстоянии между осветительными приборами до 1 м, минимальном значении коэффициента неравномерности 1,49 и максимальной освещенности 131,73 люкс.

Для решения проблемы и подтверждения теоретических исследований требуется разработать физические модели светодиодного осветительного прибора для равномерного освещения рабочей поверхности птичника, животноводческих кормушек, выгульных площадок и испытать их в лабораторных условиях на предмет энергопотребления с учетом равномерности освещения. Установлено, что развитие светодиодного освещения заключается в разработке для птичников, свинарников и коровников новых конструктивных решений, учитывающих наилучшую КСС на высоте подвеса 1,0 – 2,0 м.

### **3 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ**

#### **3.1 Обоснование разработки физических моделей осветительных приборов на основе светодиодов**

На основании выводов, приведенных в предыдущих главах, доказана и обоснована необходимость разработки осветительных светодиодных устройств, программного обеспечения для расчета их конструктивных параметров и регулирования параметров осветительных установок с целью обеспечения минимально допустимой нормированной освещенности и коэффициента неравномерности освещения, что позволит организовать качественное освещение, которое будет благоприятно влиять на биологические объекты. Анализ источников литературы показал: «Световое голодание оказывает значительное воздействие на организм животных: газообмен, деятельность органов кроветворения, биохимический состав крови, работу эндокринных желез, количество мелатонина, снижение естественной резистентности, снижает уровень обмена веществ» [5, 7, 18, 28, 40, 41, 49, 58, 61, 66, 102, 103, 105, 106, 107].

Продолжительность дневного света в широтах Приволжского федерального округа является наиболее важным вопросом. Например, в зимнее время продолжительность светового дня составляет менее 6 часов, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности животных. Поэтому, для управления продолжительностью светового дня широко используют дополнительные системы регулирования светового периода в процессе выращивания всех видов животных. Основные параметры освещения, влияющие на их жизнедеятельность, — это освещенность, неравномерность освещения, спектр излучения, длительность светового дня и ее изменение в течении дня [86, 117, 284].

В настоящее время типовое оборудование (источники искусственного освещения), применяемые в настоящее время для выращивания и содержания всех видов животных, не полностью обеспечивает необходимым качеством освещения, что препятствуют наиболее полному использованию заложенных природой возможностей организма всех видов животных.

Преимущества светодиодов заключаются в их компактных размерах, высокой эффективности светового потока и возможности создания светильников, которые могут освещать различные поверхности и обеспечивать необходимый уровень освещенности при минимальных затратах светового потока, подвели к идее разработки светодиодных осветительных установок с линейками круглосимметричных светодиодов [56, 57, 66, 67, 177, 179, 180, 184, 195, 287].

Одной из основных проблем освещения птичника при напольном содержании родительского стада птицы является максимально возможная равномерность освещения большой площади помещения, обеспечивающая освещенность до 100 люкс и выше в зависимости от технологических требований к содержанию птицы, а также возможность регулирования освещенности при обеспечении минимальных затрат на электроэнергию.

Для обеспечения жизнедеятельности коров, свиней всех видов освещение также играет огромную роль в их жизнедеятельности. Обеспечение нормированной освещенности над кормушкой является основной задачей технологического освещения. Но практика показывает, что при монтаже осветительных установок зачастую не обеспечивается и не учитывается коэффициент неравномерности освещения, нормированная освещенность, что в как следствие, к увеличению расхода электроэнергии [243, 249, 265, 271, 280, 292, 293, 309, 310].

Немаловажным вопросом при содержании крупного рогатого скота является освещение выгульных площадок, особенно при стойлово - выгульном содержании животных, которые оснащены кормушками и поилками. Ежедневно коров после утренней дойки на 3–4 часа выгоняют в загон на прогулку, что достаточно удобно при отсутствии свободных площадей. А если

предположить, что в осеннее – зимний период это происходит в районе 7 утра, то в большинстве случаев выгульные площади приходится досвечивать осветительными приборами большой мощности, что так же увеличивает потребление электроэнергии при производстве продукции животноводства [235, 237, 238, 323, 328].

С учетом результатов аналитических и теоретических исследований необходимо разработать и спроектировать ряд экспериментальных образцов физических моделей, которые будут обеспечивать нормированную неравномерность освещения и норму освещенности рабочей поверхности (а именно кормушек). Также разработать систему освещения животноводческих помещений с учетом регулирования светового дня, которая, приведет к сокращению расходов на электроэнергию, и, следовательно, повышению себестоимости животноводческой продукции.

### **3.2 Разработка светодиодного осветительного прибора с линейками круглосимметричных светодиодов**

Основная задача проектирования осветительной установки – обеспечение нормированного уровня освещенности и необходимого качества освещения при наименьшем суммарном световом потоке источников, т.е. при наименьшей установленной мощности. Решение задачи зависит от светораспределения применяемых светильников и их размещения.

Основные задачи светотехнических расчетов включают в себя: вычисление требуемой мощности источников света для достижения заданного уровня освещенности, учитывая конструктивные особенности, характеристики распределения светового потока осветительных приборов, их расположение и расстояние между ними. Светотехнические расчеты обеспечивают разработку линейного светодиодного осветительного прибора, обеспечивающего повышенную равномерность освещения рабочей поверхности [62-65, 167, 168, 171, 253, 254, 255, 260, 301, 329, 330, 331].



Техническими эффектами предлагаемого светодиодного осветительного прибора являются:

- обеспечение повышенной равномерности освещения горизонтальной рабочей поверхности светильника за счет создания специальной формы кривой силы света в поперечной плоскости;
- минимальный световой поток светильника, обеспечивающий нормируемую освещенность горизонтальной рабочей поверхности.

В новом разработанном осветительном приборе наружная сторона профиля выполнена в форме полуцилиндра, а форма кривой силы света светильника в поперечной плоскости определяется изменением числа монтажных плат со светодиодными линейками, их местоположения на наружной стороне профиля и количества равномерно расположенных на них светодиодов с узконаправленным светораспределением.

Изменение количества монтажных плат наличием на них со светодиодов, а также изменение их местоположения на наружной стороне светильника позволит изменять площадь освещения горизонтальной рабочей поверхности, при обеспечении нормированном качестве освещения. Изменение количества светодиодов с узконаправленным светораспределением, которые расположены линейно и равномерно параллельно оси цилиндрической наружной стороны профиля, позволит изменить суммарную среднюю по длине осевую силу света светодиодов. Конструкция внешней стороны профиля выполненная в виде полуцилиндра, дает возможность изменять место расположения светодиодов расположенных линейно, что, свою очередь, изменяет направление их осевых световых потоков.

Решение вопроса обеспечения качества освещения обеспечивается тем, что в светодиодном светильнике содержится (рисунок 3.1), основание 1 закрепленное на профиле 2, на наружной стороне профиля установлены монтажные платы на которых расположены светодиоды расположенные линейно 3, профиль с наружной стороны выполнен в форме полуцилиндра. Форма кривой силы света светильника со светодиодами в поперечной плоскости изменяется за счет изменения количества светодиодов

расположенных линейно, их расположения на наружной цилиндрической стороне профиля и наличия количества светодиодов с узконаправленным светораспределением расположенных в линию.

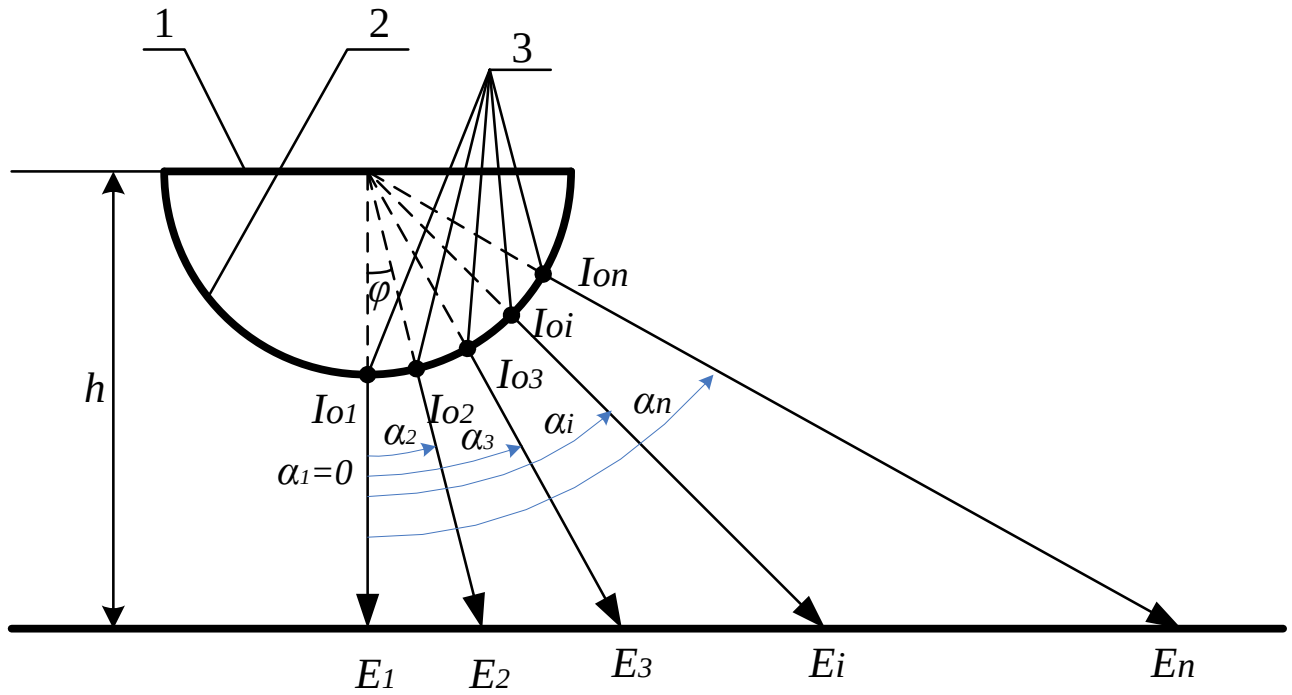


Рисунок 3.1 – Распределение светодиодов в осветительном устройстве

Средние по длине осевые силы света первой, второй, третьей,  $i$ -ой и  $n$ -ой линеек светодиодов ( $I_{01}, I_{02}, I_{03}, \dots I_{0i}, \dots I_{0n}$ ), кд; определяются по формуле

$$I_{0i} = \frac{I_{0cd} \cdot n}{L}, \quad (3.1)$$

где  $I_{0i}$  – средняя по длине осевая сила света  $i$ -ой линейки светодиодов, кд;

$I_{0cd}$  – осевая сила света светодиода, кд;

$n$  – число светодиодов в линейке, шт.;

$L$  – длина линейки светодиодов, м;

$E_1, E_2, E_3, \dots E_i, \dots E_n$  – освещенность на горизонтальной плоскости от средней осевой силы света соответствующей линейки светодиодов, лк;

$h$  – высота подвеса светодиодного светильника, м;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$  – углы между осевыми силами света линеек светодиодов и осью симметрии светильника в поперечной плоскости, рад.

Необходимая для обеспечения повышенной равномерности освещения горизонтальной рабочей поверхности ( $E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_i = \dots = E_n = E$ ) форма кривой силы света в поперечной плоскости светильника определяется двумя условиями:

1. средняя по длине осевая сила света  $i$ -ой линейки светодиодов должна быть равна:

$$I_{oi} = \frac{E \cdot h^2}{\cos^3 \alpha_i}, \quad (3.2)$$

где  $E$  – нормируемая (минимальная) освещенность горизонтальной рабочей поверхности, лк;

2) угол между линейками светодиодов должен быть равен:

$$\varphi = 2\Omega, \quad (3.3)$$

где  $2\Omega$  – угол излучения светодиода, град.

Повышенная равномерность освещения горизонтальной рабочей поверхности в продольной плоскости светильника обеспечивается при условии

$$l \leq 0,1 \cdot h, \quad (3.4)$$

где  $l$  – расстояние между светодиодами в линейке, м.

Конструктивные особенности осветительного прибора представлены на рисунке 3.2.

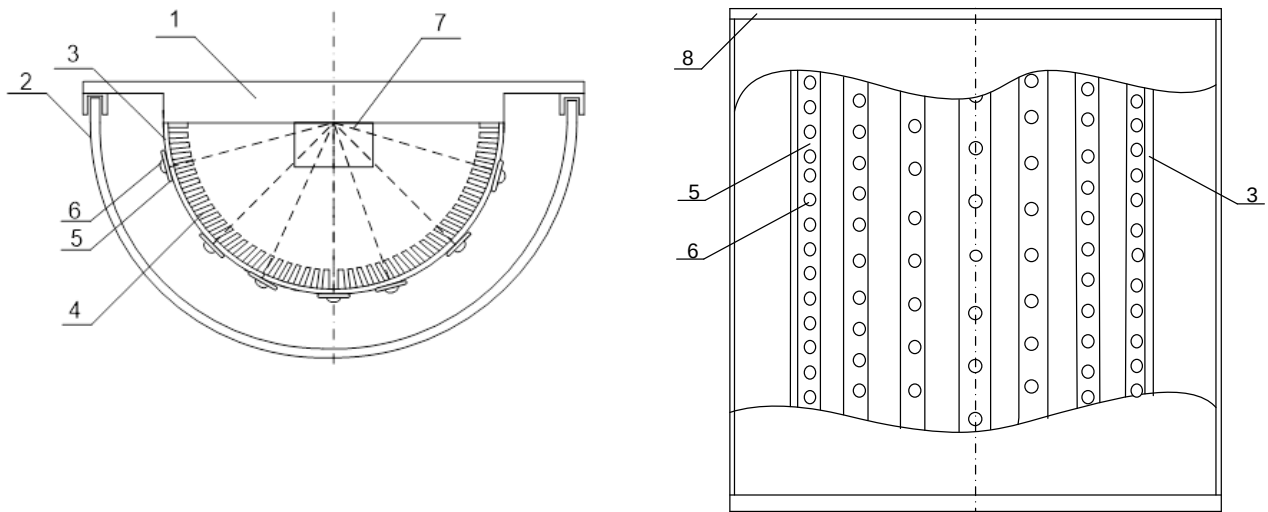


Рисунок 3.2 – Вид конструкции светодиодного осветительного прибора, разрез в поперечной плоскости (слева), вид с верху (справа): 1 – основание; 2 – прозрачная крышка, 3 – основание; 4 – профиль, 5 – теплоотводящие ребра; 6 – светодиоды, 7 – блок питания; 8 – торцевая крышка

Работа светодиодного осветительного прибора заключается в следующем: к монтажным платам 5 через электрические вводы (не показаны) от блока питания 7 прикладывается напряжение, обеспечивающее излучение полупроводниковых светодиодов 6, которое выводится через оптически прозрачную крышку 2 в направлениях, соответствующих расположению монтажных плат, с интенсивностью, соответствующей количеству светодиодов на монтажных платах.

### 3.3 Разработка светодиодного светильника для равномерного освещения рабочей поверхности птичника

Отличительной особенностью осветительного прибора для равномерного освещения рабочей поверхности помещений птичника, является то, что светодиоды внутри колбы размещены на наименьшей стороне двухсторонних плат по меньшей мере в три ряда, так, что осевые линии кривой силы света светодиодов параллельны плоскости платы и расположены под углами к поперечному направлению светильника, при этом двусторонние платы

светодиодов образуют ребра жесткости и фиксируются под углом друг к другу в пазах фланцев, расположенных внутри колбы поперечно ее оси [175].

Целью предлагаемого технического решения является разработка линейного светодиодного светильника, который создает повышенный коэффициент неравномерность освещения горизонтальной рабочей поверхности.

Основным результатом предлагаемого технического решения светодиодного светильника является достижение повышенного коэффициента неравномерности освещения рабочей поверхности за счет разработки новых возможностей для регулирования угла между осевыми линиями кривой силы света светодиодов, как в поперечном, так и в продольном направлении светильника (рисунок 3.3). Результатом работы является создание технологичного в изготовлении, дешевого и надежного в работе светильник, обеспечивающий равномерное освещение рабочей поверхности, на основе маломощных светоизлучающих диодов.

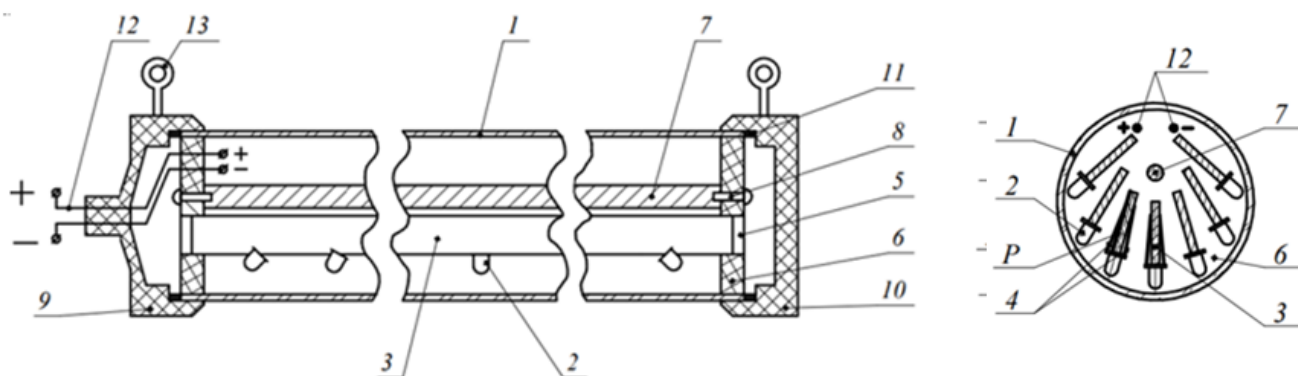


Рисунок 3.3 – Конструкция светодиодного осветительного прибора

а) – вид спереди;

б) – вид сбоку;

1 – светопропускающая трубчатая колба; 2 – светодиоды; 3 – двухсторонние платы (светодиодная линейка); 4 – выводы светодиода; 5 – пазы; 6 – фланцы; 7 – стягивающий фланцы стержень; 8 – винты; 9,10 – торцевые крышки; 11 – уплотняющая прокладка; 12 – кабель питания; 13 – подвесной рым-болт

Ключевой основой осветительного прибора является размещение и крепление светодиодов на монтажной плате, при этом оси их светового потока ориентированы перпендикулярно к плоскости платы. Данный способ крепления

светодиодов обеспечивает более плотное их расположение в продольном направлении, что в свою очередь позволяет увеличить число светодиодов в поперечном сечении в 2-3 раза и, как следствие, обеспечивает повышенный коэффициент неравномерности освещения рабочей зоны.

Решение проблемы и соответствующий технический результат достигается тем, что в осветительном приборе (рисунок 3.3), содержащий корпус 1 в виде светопропускающей трубчатой колбы, внутри колбы размещены светодиоды 2, с наименьшей стороны двухсторонних плат 3 по меньшей мере в три ряда. Выводы светодиода 4 припаивают к заготовленным дорожкам с двух сторон платы 3, так что осевые линии кривой силы света светодиодов параллельны плоскости  $P$  платы (перпендикулярны нормали к плоскости платы) и расположены под углами  $\beta$  к поперечному направлению светильника. Двухсторонние платы светодиодов образуют ребра жесткости и фиксируются под углом  $\gamma$  друг к другу в пазах 5 фланцев 6, расположенных внутри колбы поперечно ее оси. Фланцы стянуты стержнем 7 при помощи винтов 8.

### **3.4 Разработка светодиодного осветительного прибора для животноводческих помещений**

Для животноводческих помещений (а именно кормушек) разработан светодиодный осветительный прибор [178] (рисунок 3.4), задачей которого является повышение степени равномерности и уровня освещенности продольных горизонтальных зон рабочей поверхности, которые находятся между соседними светодиодными осветительными приборами.

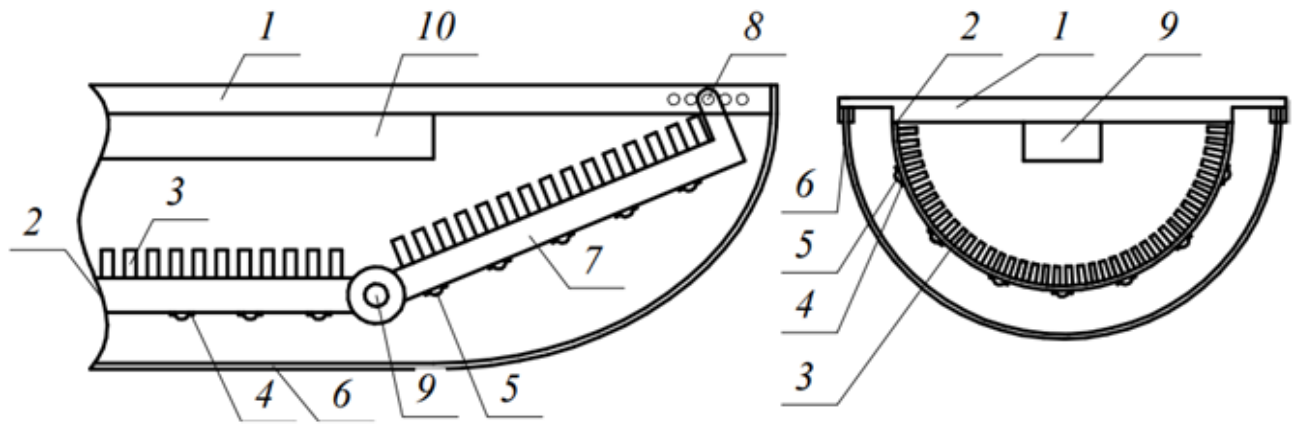


Рисунок 3.4 – Вид конструкции светодиодного светильника в разрезах, в продольной оси (слева) и в поперечной (справа): 1 – основание, 2 – профиль в форме полуцилиндра, 3 – теплоотводящие ребра; 4 – монтажные платы; 5 – светодиод; 6 – оптически прозрачная крышка; 7 – основание; 8 – штифт; 9 – шарнир

Техническим результатом при использовании предложенного устройства является повышение уровня и равномерности освещенности продольных горизонтальных зон рабочей поверхности, которые находятся между соседними светодиодными осветительными приборами, что позволит увеличить интервал между светильниками, сократив их количество в продольной составляющей. При этом обеспечение заданной равномерной освещенности рабочей поверхности помещения позволяет повысить уровень физиологического состояния животных и, следовательно, их продуктивность [170, 263, 264, 265, 270, 271, 272].

Устройство содержит: основание 1 с закрепленным на нем профилем 2, выполненным в форме полуцилиндра, с теплоотводящими ребрами 3, на наружной стороне которого установлены монтажные платы 4 с размещенным на них, по край мере, одним светодиодом 5; оптически прозрачную крышку 6, соединенную с основанием 1, концевые части 7 продольной стороны профиля с одной стороны соединены с основанием 1 с помощью штифтов 8, с другой стороны концевые части 7 соединены с профилем 2 с помощью шарниров 9 с возможностью поворота концевой части 7 относительно продольной оси профиля 2. При монтаже светодиодных осветительных приборов в помещении концевые части 7 продольной стороны профиля 2 поворачивают и фиксируют с помощью штифтов 8 под углом, обеспечивающим заданный уровень и

равномерность освещенности продольных горизонтальных зон рабочей поверхности, которые находятся между светильниками.

Устройство работает следующим образом: при подаче напряжения от источника питания (не показан) на светодиоды образуется излучение, которое выводится через оптически прозрачную крышку 6 в направлениях, соответствующих расположению монтажных плат 4. При этом светодиоды 5, расположенные на концевых частях продольной стороны профиля 7 светодиодного осветительного прибора, обеспечивая необходимый уровень освещенности горизонтальных зон рабочей площади, светодиодные осветительные приборы размещаются с оптимальным интервалом, гарантируя тем самым заданный уровень и равномерность освещения рабочей поверхности помещения.

*Осветительный прибор на основе светодиодов с увеличением  
концентрации светового потока*

Для увеличения концентрации светового потока на рабочей поверхности и увеличения освещенности был разработан и изготовлен светодиодный осветительный прибор [179] (рисунок 3.5) мощностью  $P=10$  Вт, содержащий основание с закрепленным на нем профилем, выполненным в форме полуцилиндра, с теплоотводящими ребрами, на наружной стороне которого установлены монтажные платы с размещенными на них по одному светодиодами, концевые части продольной стороны профиля с одной стороны соединены с основанием с помощью штифтов, с другой стороны концевые части соединены с профилем с помощью шарниров; блок управления, отличающийся тем, что установлены отражатели света, выполненные из пластика покрытого хромированной пленкой и закрепленные к профилю под углом, который может меняться, обеспечивая заданный уровень интенсивности и равномерность освещения продольных горизонтальных зон рабочей поверхности помещения.



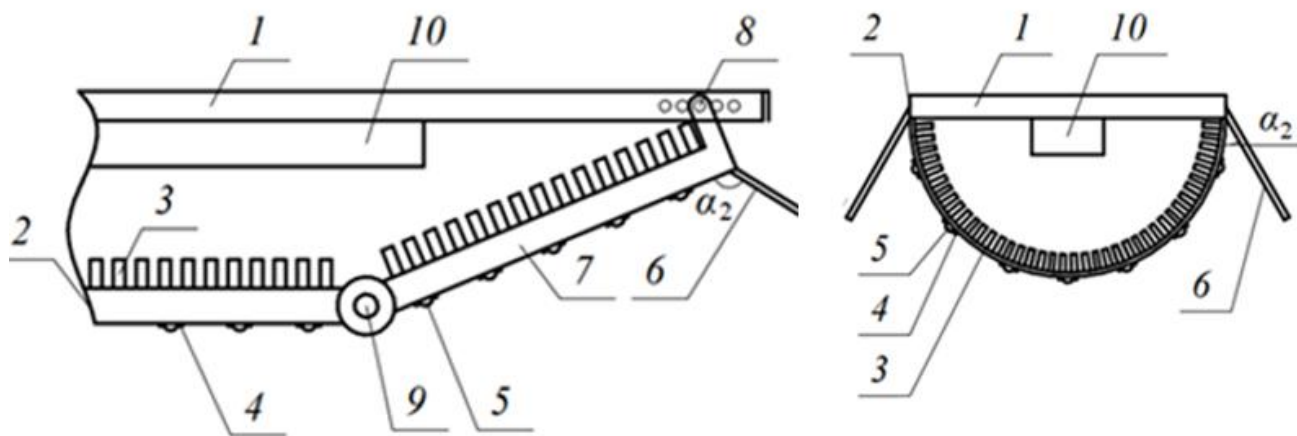


Рисунок 3.5 – Осветительный прибор на основе светодиодов с повышенной концентрацией светового потока конструкция осветительного прибора в продольной оси: 1 – основание, 2 – профиль в форме полуцилиндра, 3 – теплоотводящие ребра; 4 – монтажные платы; 5 – светодиод; 6 – отражатель; 7 – основание; 8 – штифт; 9 – шарнир; 10 – блок питания

Целью осветительного прибора, является повышение степени равномерности и уровня освещенности продольных горизонтальных зон рабочей поверхности. Устройство содержит (рисунок 3.5): основание 1 с закрепленным на нем профилем 2, выполненным в форме полуцилиндра, с теплоотводящими ребрами 3, на наружной стороне которого установлены монтажные платы 4 с размещенными на них по одному светодиоду 5; отражатели света 6; концевые части 7 продольной стороны профиля с одной стороны соединены с основанием 1 с помощью штифтов 8, с другой стороны концевые части 7 соединены с профилем 2 с помощью шарниров 9; блок управления 10.

Устройство работает следующим образом: при подаче напряжения от источника питания на светодиоды 5 образуется излучение, в направлениях, соответствующих расположению монтажных плат 4, с интенсивностью, соответствующей количеству светодиодов на монтажных платах. Светодиоды, расположенные на концевых частях продольной стороны профиля 7 светодиодного осветительного прибора, излучают свет, который равномерно рассеивается. Для того чтобы исключить рассеивание света установили отражатели 6, закрепленные к профилю 7 под углом. Свет, излучаемый светодиодами, попадая на отражатели, выполненные из пластика, покрытого хромированной пленкой, меняет свое направление, отражаясь от их

поверхности, обеспечивает таким образом заданный уровень интенсивности и равномерность освещенности рабочей поверхности заданной области помещения. При монтаже светодиодных осветительных приборов в помещении концевые части 7 продольной стороны профиля 2 поворачивают и фиксируют с помощью штифтов 8 под углом, угол отражателей света также может меняться, эти меры обеспечивают заданный уровень интенсивности и равномерность освещения продольных горизонтальных зон рабочей поверхности помещения.

Для правильного и надежного контроля функционирования осветительного прибора разработана схема на основе микросхемы-драйвера (рисунок 3.6).

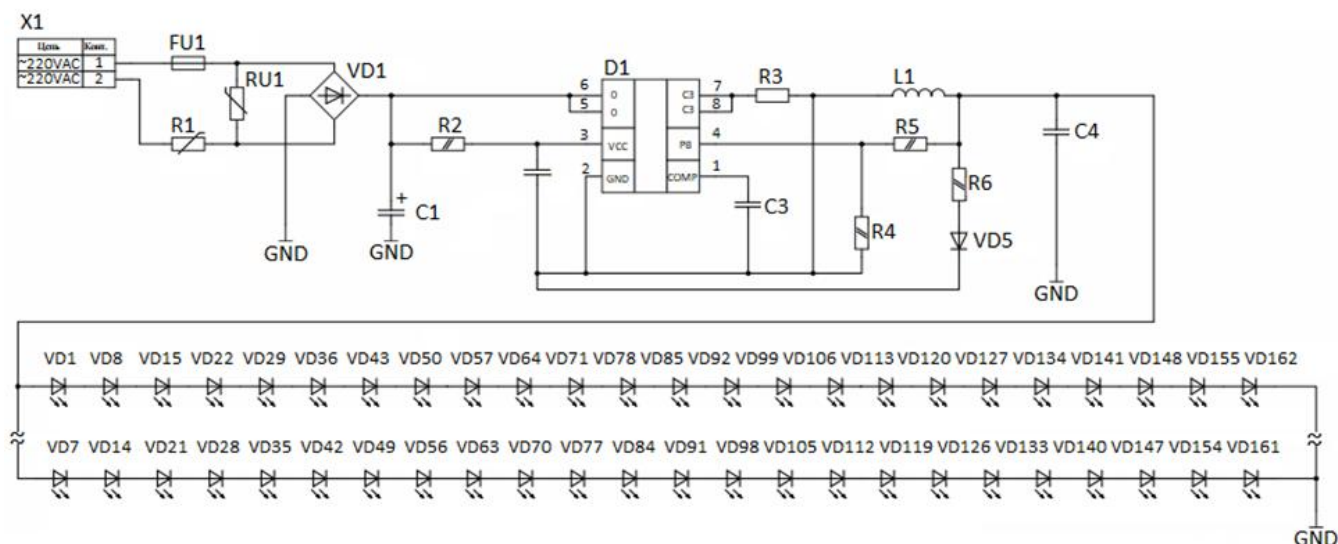


Рисунок 3.6 – Схема питания осветительного прибора с использованием светодиодов:

FU1 – предохранитель; VD1-VD4 – диодный мост;

C1-C4 – сглаживающие конденсаторы; D1–драйвер, R1-R4 – резисторы;

L1 – катушка индуктивности; GND – минусовой провод питания

Схема разработана на основе микросхемы WS3413D7P с активным корректором коэффициента мощности для получения коэффициента мощности, близкого к единице, обратной связью для получения информации о напряжении на светодиодной сборке. Работа схемы обеспечивается от сети 220 В (через диодный выпрямитель), после запуска питание берется со встроенного стабилизатора, что позволяет поддерживать выходное напряжение стабильным

вне зависимости от перепадов напряжения на входе. Управление мощной нагрузкой происходит за счет интегрированного внутрь микросхемы полевого транзистора.

После подачи напряжения на клеммный разъем X1 питание поступает через плавкий предохранитель FU1 и термисторы R1 и RU1, установленные в схеме для защиты приборов в сети от перегрева. Далее напряжение поступает на диодный мост, выпрямляется и постоянное напряжение поступает на питание микросхемы-драйвера WS3413D7P. Конденсатор C1 минимизирует пульсации входного напряжения. Конденсатор C2 при подаче напряжения начинает заряжаться через пусковой резистор R1. Когда напряжение на выводе VCC достигает порогового значения включения (7,57 В), внутренние цепи начинают работать. Микросхема работает на частоте 10 кГц, после запуска напряжение питания постепенно повышается, с ним увеличивается и пиковый ток катушки индуктивности. Таким образом, ток через светодиоды увеличивается плавно. После создания выходного напряжения питание микросхемы происходит за счет выходного напряжения через диод VD2 и резистор R6, отклонения входного напряжения не влияют на напряжение на выходе микросхемы (рисунок 3.7).

Пусковой резистор  $R_1$  для запуска микросхемы в начальный момент времени рассчитан по уравнению:

$$R_{st} \prec \frac{U_{сети}}{I_R} \quad (4.5)$$

где  $U_{сети}$  - напряжение сети, В;

$I_R$  - ток резистора, Ом.

$$R_{st} = \frac{220}{0,00042} = 520 \text{ кОм.}$$

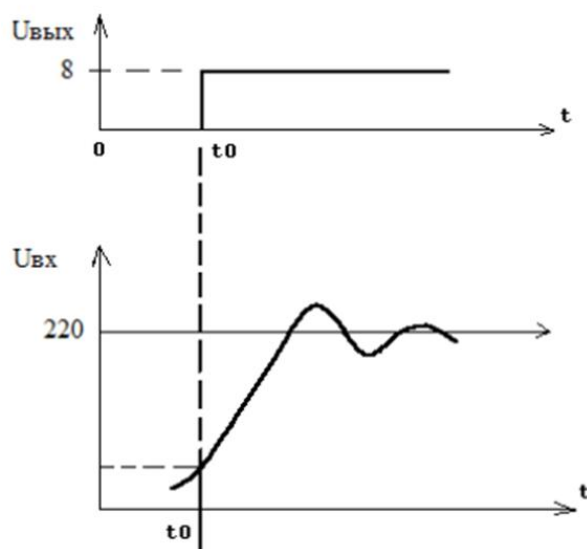


Рисунок 3.7 – Зависимость выходного напряжения от входного напряжения

Зависимость сопротивления резистора от напряжения сети приведена на рисунке 3.8

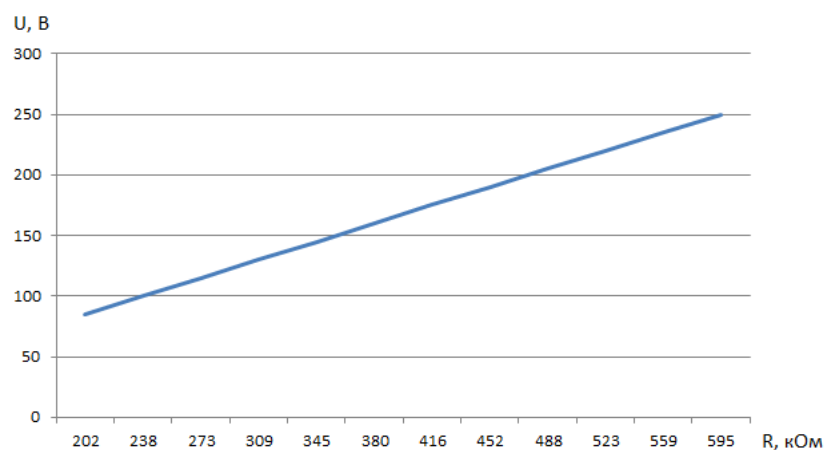


Рисунок 3.8 – Зависимость сопротивления пускового резистора от напряжения питания сети

В течение всего времени работы ток катушки индуктивности изменяется, тем самым достигается высокая точность регулирования выходного тока через светодиоды. Анализ тока на катушке проходит изменением падения напряжения на резисторе  $R_3$ , ток через светодиоды рассчитывается по следующей формуле:

$$I_0 = \frac{V_{cs}}{R_{cs}}, \quad (3.6)$$

где  $V_{cs}$  – падение напряжения на резисторе  $R_3$ , кВ;

$R_{cs}$  – сопротивление резистора, кОм.

$$I_0 = \frac{0,3}{1} = 0,3 \text{ A.}$$

График зависимости сопротивления резистора R3 от необходимого тока через светодиоды приведен на рисунке 3.9.

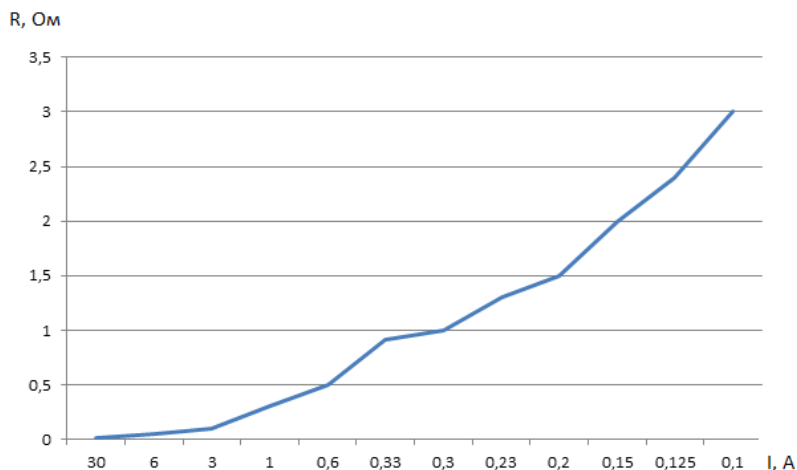


Рисунок 3.9 – Зависимость изменения сопротивления резистора R3 от тока через светодиоды

У микросхемы WS3413 есть обратная связь по току, пороговое напряжение падения на резисторе R4 должно составлять 0,2 В с гистерезисом 0,15 В. Вывод 4 (PS) микросхемы используется для определения выходного напряжения во избежание порогового значения, равного 1,6 В.

### 3.5 Разработка светодиодного осветительного прибора с использованием термоэлектрического эффекта

Для освещения больших открытых территории (например, выгульных площадок) на животноводческих предприятиях требуется установка мощных светодиодных осветительных установок. Однако они имеют следующие недостатки: около 50 % потребляемой электрической энергии преобразуется в тепло, повышается в общем случае количество потребляемой электроэнергии [216, 217, 218, 257, 258, 261]. Поэтому вопрос эффективного отвода тепла от светодиода является актуальной задачей. Ее решением может являться установка светодиодных осветительных приборов за счет применения

термоэлектрического эффекта (рисунок 3.10). Повышение КПД светодиодного источника возможно за счет термопары, преобразующей тепловую энергию, выделяемую в плате, в электрическую энергию, которая поставляется в систему питания прибора. Технический результат достигается за счет изменения конструкции ребра радиатора светильника, позволяющего преобразовать тепло, выделяемое оптическим элементом, в электрическую энергию за счет возникновения термоэлектрического эффекта. Данный эффект достигается последовательным соединением термопар, образованных ребром радиатора и припаянной к нему константовой проволокой. Это обеспечивает дополнительное питание светильника и увеличивающее его КПД.

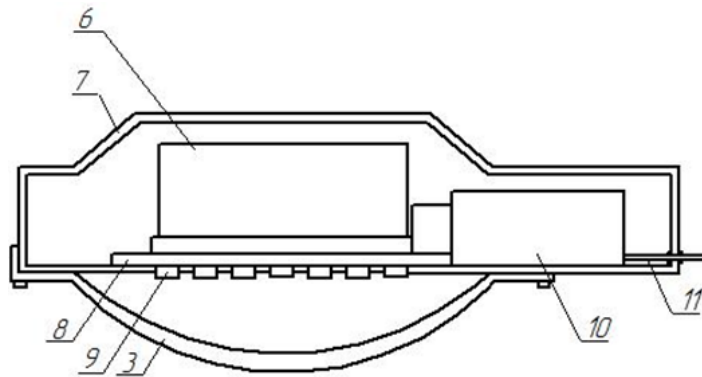


Рисунок 3.10 – Светодиодный осветительный прибор в продольном разрезе

Устройство содержит светильник 1, состоящий из верхней крышки 2, состоящей из корпуса 7 и рассеивателя 3, закрепленный на горизонтальной части опоры 4, соединенной с вертикальной опорой 5. Светильник состоит (рисунки 3.10, 3.11, 3.12) из теплоотводящего радиатора 6, печатной платы 8 и светодиодов 9, подключенных к источнику питания 10, который присоединен к сети переменного тока с помощью питающего проводника 11. Проволока 14, припаянная к ребру радиатора 13, образует с ним термопару, с холодной точкой спая 12 и горячей точкой спая 15, может быть выполнена из константана. Точки горячего 15 и холодного 12 спаев соединены медными проводниками 17 с аккумулятором 16, подключенным к системе питания светильника.

The diagram shows a system architecture. On the left, a vertical line (11) branches into three horizontal lines, each entering a rectangular block labeled 9, 10, and 16 from the top. The outputs of these blocks are connected to a large rectangular block (15) on the right. Specifically, the output of block 16 connects to the top of block 15 (labeled 17), the output of block 10 connects to the middle of block 15 (labeled 12), and the output of block 9 connects to the bottom of block 15 (labeled 15). The block 15 is divided into a series of vertical columns, with the first column labeled 13.

Устройство работает следующим образом. При подаче питающего напряжения с помощью проводника 11 на источник питания 10, от 25 до 40 процентов энергии преобразуется светодиодами 9 в оптическое излучение, которое распределяется рассеивателем 3. Около 50 % электрической энергии преобразуется в тепловую энергию, что приводит к постепенному нагреву платы 8 и радиатора 5. Радиатор 5 выполнен из алюминия и имеет ребристую форму. К ребру 13 радиатора 5 припаяна константановая проволока 14 диаметром 1 мм, точки горячего спая 15 и холодного спая 12 расположены на нижней и верхней частях радиатора 9 соответственно, образуя термопару, они соединены медными проводниками 17 с аккумулятором 16. Расположение

термопар только с одной стороны радиатора образует их последовательное соединение в батарею, что увеличивает количество вырабатываемого ЭДС. Образующаяся разница температур спаев 12 и 15 приводит к возникновению термоЭДС за счет эффекта Пельтье, возникновению эффекта Томпсона, увеличению теплообмена в радиаторе и зарядке аккумулятора 16. Аккумулятор 16, получая энергию и передавая ее источнику питания 10, позволяет повысить КПД оптического элемента, преобразуя выделяющуюся теплоту в электрическую энергию.

Разработана схема питания осветительного прибора на основе термоэлектрического эффекта (рисунок 3.13).

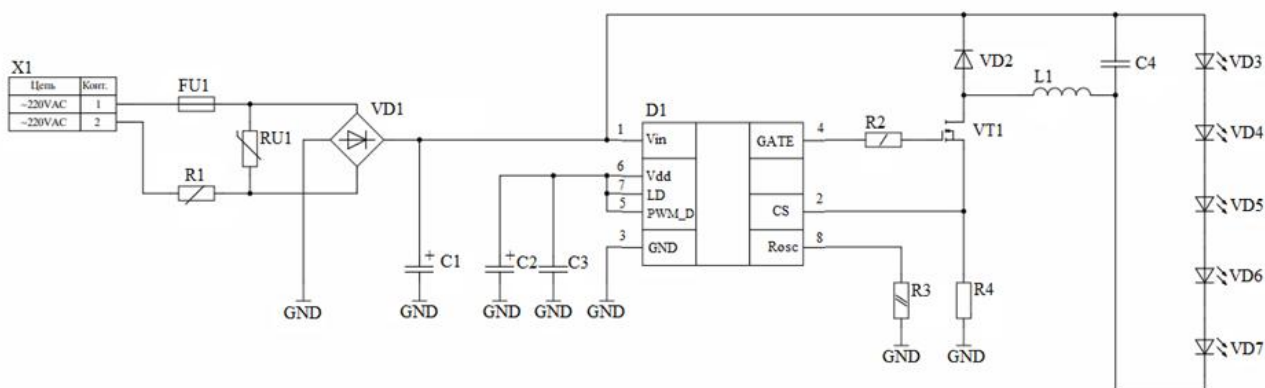


Рисунок 3.13 – Схема питания светодиодного осветительного прибора с применением термоэлектрического эффекта: X1 – разъем Kf350; FU1 – предохранитель H520PT; R1 – термистор NTC 5D-9; RU1 – термистор NTC 5D-9; VD1 – диодный мост КЦ407а; C1 – конденсатор K50-35, 100 мкФ, 400 В; C2 – конденсатор K50-35, 100 мкФ, 16 В; C3 – конденсатор K73-17, 0,1мкФ, 63В; D1 – микросхема AL9910; R2 – резистор C2-23, 40 Ом, 0,25Вт; R3 – резистор C2-23, 51 кОм, 0,125Вт; VD2 - диод КД411; VT1 – транзистор КП753А; R4 – резистор C2-23, 0,12 Ом, 0,5Вт; L1 – дроссель ELC09D221F; C4 – конденсатор K73-17, 4,7мкФ, 400В; VD3...VD7 – светодиодная матрица 10Вт

Работа схемы питания основана на использовании микросхемы AL9910, особенностью, которой является то, что рабочий диапазон напряжений данной микросхемы позволяет подключать ее прямо к сети 220 В (через диодный



выпрямитель). Отличительными особенностями этой микросхемы являются: встроенный стабилизатор напряжения для питания микросхемы, не требующий гасящего резистора (на выходе не нужен резистор для поддержания постоянного напряжения для питания светодиодов, это делает встроенный стабилизатор); встроенная защита от перегрева (срабатывает при 150 °С) и микросхема; отключается, рабочая частота (25–300 кГц) задается внешним резистором (при увеличении частоты пульсации на выходе уменьшаются).

Управление мощной нагрузкой происходит через внешний полевой транзистор, подключенный к выходу микросхемы. Параметры транзистора выбираем с запасом по току и напряжению, например КП753А в корпусе ТО-220.

Принцип работы схемы: на входе находится клеммник Х1 для подключения питания от внешнего источника 220 В. Далее после клеммника питание поступает через плавкий предохранитель FU1 и термисторы R1 и RU1, находящиеся в схеме для защиты приборов в сети от короткого замыкания. Далее напряжение поступает на диодный мост, выпрямляется и постоянное напряжение поступает на питание микросхемы-драйвера AL9910. Находящиеся в левой стороне микросхемы конденсаторы служат для сглаживания изменений напряжений, минимизации скачков напряжения. Конденсатор C1 – общий по питанию, C2 и C3 – подключаются к неиспользуемым входам микросхемы. Резистор R3 задает частоту генерации импульсов напряжения питания на выходе микросхемы. Резистор R4 задает яркость излучения светового потока светодиодами. Резистор R2 ограничивает базовый ток полевого транзистора VT1, управляющего мощной нагрузкой – светодиодами. В схеме присутствуют катушка индуктивности L1 и конденсатор C4, позволяющие задавать и поддерживать определенный для работы светодиодов ток. Диод VD1 – защитный, служит для сброса высоковольтных скачков напряжения, возникающих при работе индуктивности, в сеть во избежание пробоя транзистора. VD3- VD7 – светодиоды, источники видимого света.

Предложенные конструктивные и схемные решения позволяют обеспечить качественное бесперебойное освещение рабочих поверхностей.

### **3.6 Разработка алгоритмов моделирования конструкции светодиодных осветительных установок по критерию освещенности и минимума энергопотребления для различных животноводческих помещений**

Поиск рационального варианта оптического устройства связан со сложностью количества расчетов, количество расчетов может быть снижено расчетом при помощи программы ЭВМ. Для достижения данной задачи подбора рациональных параметров светодиодного светильника необходима разработка программы, выполняющей подбор параметров.

В основе оптимального расчета освещенности горизонтальной плоскости при помощи осветительных приборов на базе светодиодов используется принцип суперпозиции, то есть освещенность в точке горизонтальной поверхности зависит от суммы освещенностей, создаваемых светодиодами на осветительных приборах. Для расчета и визуализации распределения освещенности и неравномерности освещения разработана программа на графическом языке программирования Octave и представлен алгоритм ее работы (рисунок 3.15).

Для нахождения оптимальных значений вышеуказанных параметров использовался генетический алгоритм [288, 312]. Генетические алгоритмы предназначены для решения задач оптимизации и моделирования путем последовательного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Заметим, что основным недостатком такого поиска является то, что заранее не известно, сколько понадобится времени для решения задачи.

Для генетических алгоритмов классически вводят следующие понятия:

1. Особь – в рамках нашей задачи это набор возможных значений (в заданных диапазонах) оптимизируемых параметров.
2. Популяция – все рассматриваемые особи, то есть все полученные наборы значений параметров.

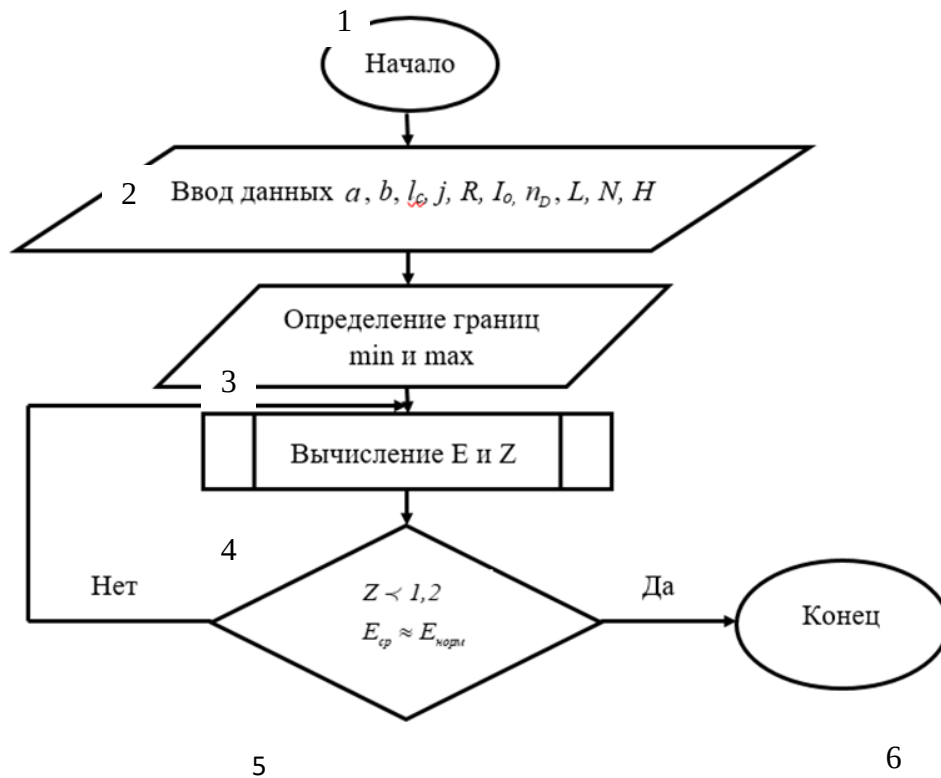


Рисунок 3.14– Упрощенная блок – схема алгоритма выбора и расчета расположения осветительных приборов и их конструктивных параметров

Прежде чем переходить к поиску оптимальных параметров, задается размер популяции (переменная  $N_{pop}$ ). С помощью этого значения и ограничений оптимизируемых переменных создается первая популяция (то есть  $N_{pop}$  наборов случайно сгенерированных значений для выбранных параметров оптимизации). Далее для каждой особи из популяции считается функция освещенности и по ней рассчитывается значение коэффициента  $z$ . В результате получаем массив значений коэффициента неравномерности освещения, записанный в массив  $z$  (рисунок 3.16).

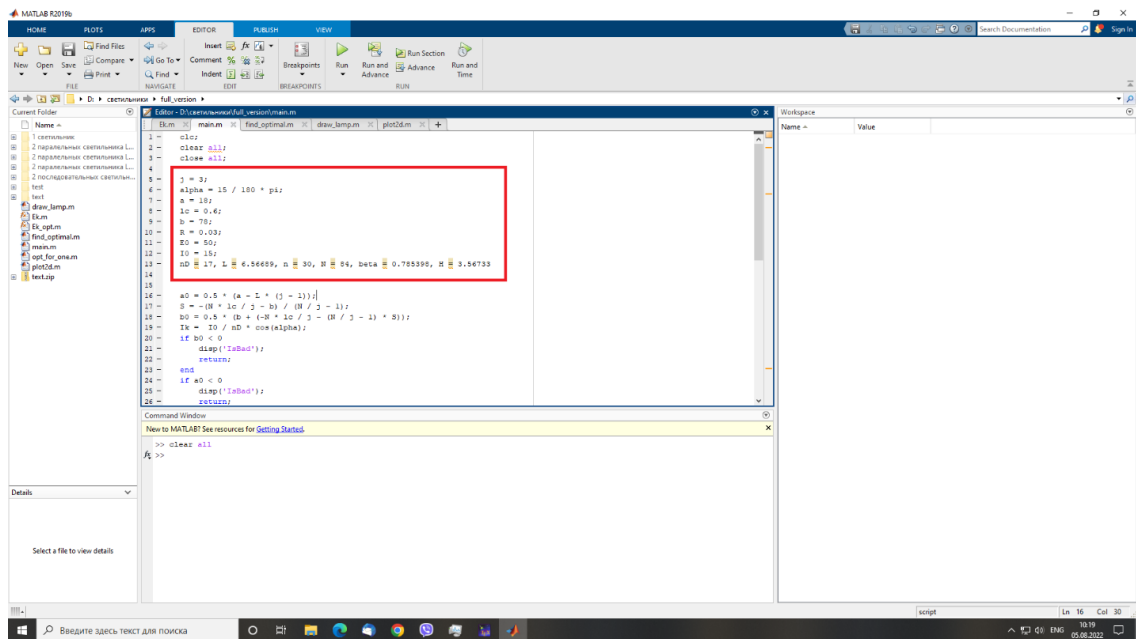


Рисунок 3.16 –Задание переменных величин

Далее полученный массив  $z$  сортируется и выбирается минимальное его значение (рисунок 3.17).

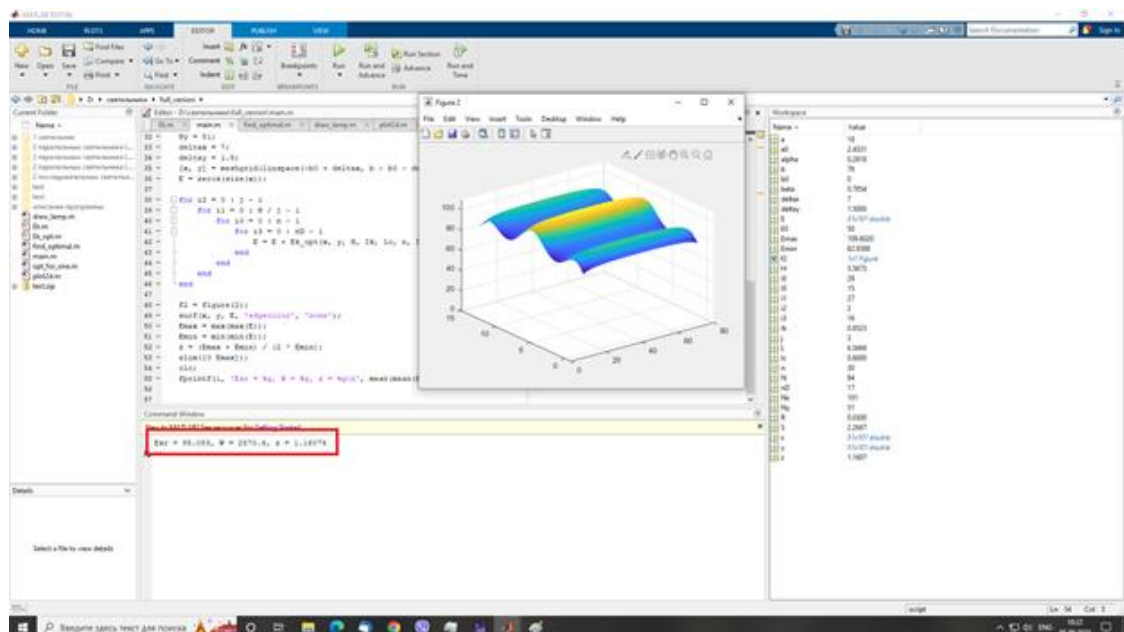


Рисунок 3.17 – Среднее значение освещенности

Особь (набор параметров), которая дает это значение, назначается лидером популяции (то есть из всего набора она дает наилучшее решение), и ее значения выводятся на экран. Если найденное минимальное значение  $z$  оказывается меньше заданного значения (например, 1.2, для расчетного случая

коэффициент неравномерности освещения предложен равен  $1,7 - 1,8$ ) и средняя освещенность выше нормированной (для расчета  $E_0 = 100$ ), то расчетная лучшая особь и является оптимальным значением параметров. В противном случае необходимо генерировать новую популяцию.

В новую популяцию включаются первые 5 особей из прошлой популяции, которые соответствуют наименьшим значениям  $z$ . Остальные особи генерируются через скрещивание особей старой популяции (используемые операторы скрещивания: bin1, bin2, fit), а также возможную мутацию (вероятность мутации 15 %). Мутация – это генерация новой особи случайным образом. В результате получаем новую популяцию, которую необходимо проверить (возвращаемся к (\*)).

Работа программы прекращается, как только находится особь, для которой коэффициент  $z$  становится меньше заданного, а средняя освещенность превышает значение  $E_0$ .

Генетический алгоритм гарантированно не ухудшает возможное найденное значение, но не гарантирует нахождение решения за заданное время. Поэтому поиск решения для нашей задачи занимал достаточно длительное время.

Программа рассчитывает оптимальное количество светодиодов в осветительном приборе при обеспечении нормы освещенности и минимальной неравномерности освещения на поверхности по поперечному направлению помещения. Для работы, программы которая принимает имеет следующие входные параметры: размеры помещения (переменные  $a$  и  $b$ ), количество рядов светильников ( $j$ ), угол раствора светового конуса светодиода (переменная  $\alpha$ ), радиус светильника (переменная  $R$ ), длина осветительного прибора (переменная  $l_c$ ), осевая сила света светодиода (переменная  $I_0$ ) (рисунок 3.18).

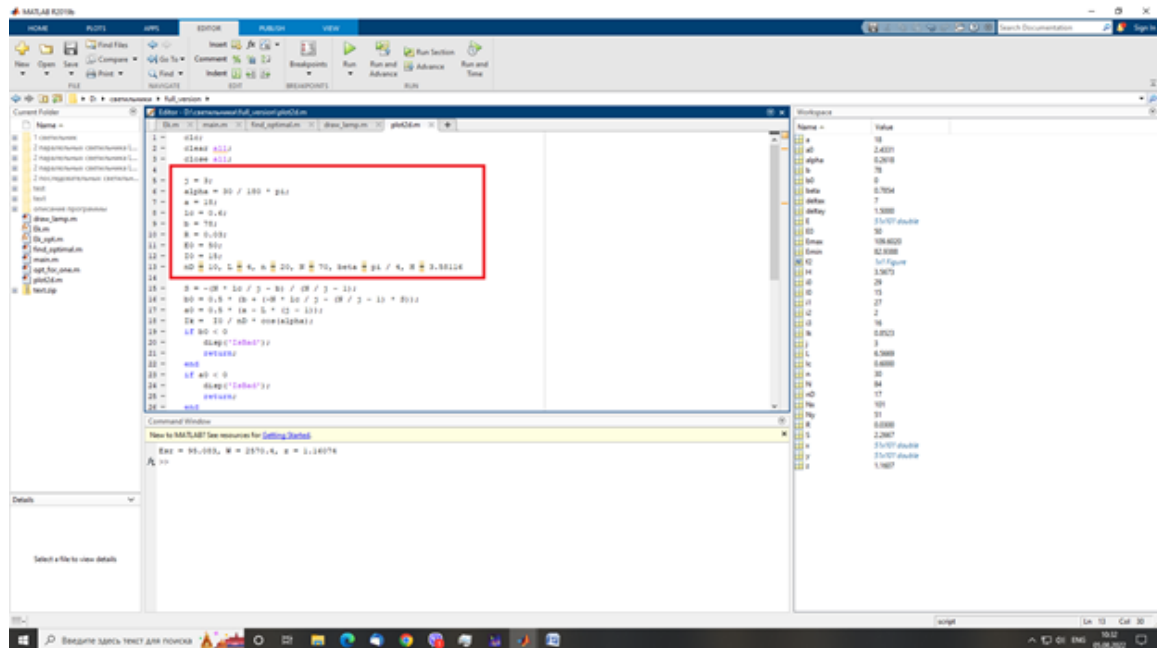


Рисунок 3.18 – Входные параметры визуализации освещенности в поперечной составляющей помещения (размеры комнаты, параметры светильников и светодиодов)

Далее указывается список параметров, значения которых будут оптимизироваться (переменная  $par = [nD, L, n, N, \beta, H]$ ). Для нашей задачи предусмотрена оптимизация по количеству светодиодов в одной дуге (переменная  $nD$ ), количеству дуг светодиодов в светильнике (переменная  $n$ ), количеству светильников (переменная  $N$ ), расстоянию между рядами светодиодов (переменная  $L$ ), высоте подвеса (переменная  $H$ ) и начальному углу светодиодов в дуге (переменная  $\beta$ , но отметим, что для нашей задачи оптимизация по этому параметру не проводилась и считалось, что  $\beta = \pi/4$ ). После определения списка параметров задаются границы их возможных значений (переменные  $nD_{min}$ ,  $nD_{max}$  и т.д.)

Построение расчетной поверхности освещенности проведено на расчетной сетке с координатами  $x, y$ , которые задается с помощью функций `linspace` и `meshgrid` (встроенные функции программной среды). Далее для каждого значения этой сетки рассчитывается значение освещенности. Для этого используется дополнительная функция `Ek,m` (или `Ek_opt`). В результате получаем двумерный массив значений освещенности, который строим с помощью функции `surf`.

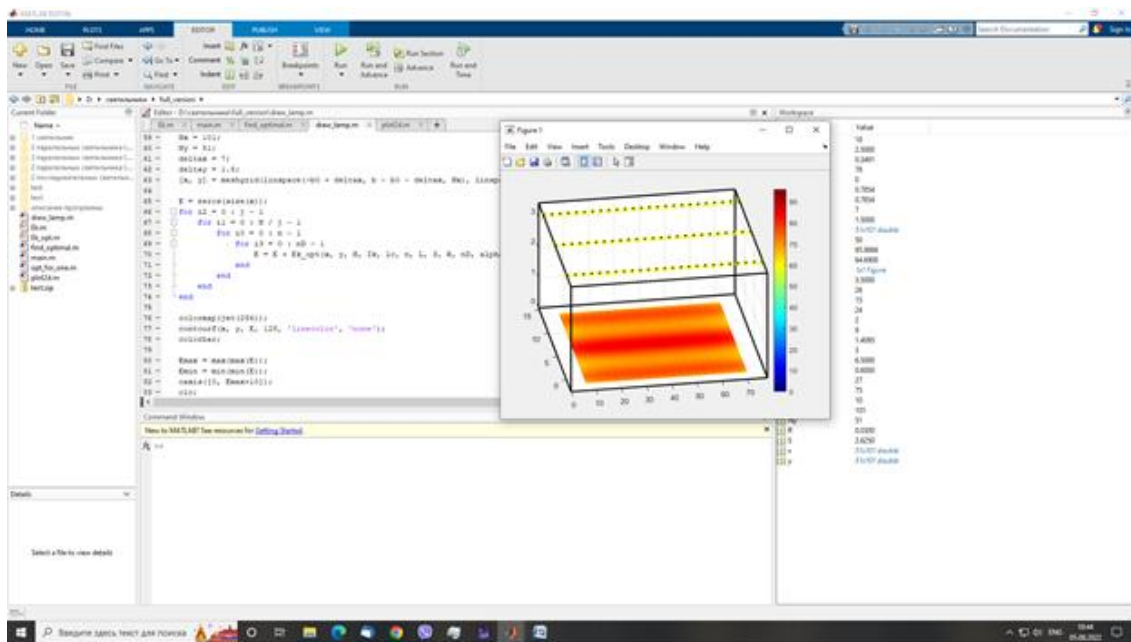


Рисунок 3.19 – Моделирование помещения распределения освещенности в помещении

Разработанный способ расчета освещенности возможно применять для реального животноводческого помещения при расчете горизонтальной поверхности, с учетом обеспечения неравномерности освещения и минимизации энергопотребления.

### 3.7 Разработка алгоритма моделирования конструкции светодиодных осветительных установок, обеспечивающих минимальное отклонение от нормированной освещенности

Для разработки и расчета приборов для освещения продольной рабочей поверхности разработаны программа и алгоритм работы программы, обеспечивающие минимальное отклонение от нормированной освещенности. Для минимизации решения уравнения (2.46) неприменимы классические градиентные методы: метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, метод сопряженных градиентов и др. Поэтому был использован генетический - алгоритм с вещественным кодированием [312]. Генетический алгоритм – это численный метод эвристического поиска для решения поиска минимума функции, имитирующий свойства биологических систем, таких как

воспроизведение потомства от сильных предков, мутация, адаптация. Метод обладает рядом преимуществ по сравнению с классическими методами минимизации: возможностью нахождения глобального минимума в области поиска, не ухудшения решения на каждой итерации и простотой постановки коридорных ограничений. Поскольку функция зависит от многих переменных и может иметь несколько экстремумов, то свойство алгоритма нахождения глобального минимума в области поиска оказывается особенно полезным.

К недостаткам генетических алгоритмов можно отнести: 1) элемент случайности в поиске наилучшего решения; 2) более высокие требования к аппаратным ресурсам по сравнению с классическими методами (оперативная память менее 100 МБ). Для минимизации программа расчета может быть представлена в виде блок-схемы алгоритма работы программы (рисунок 3.20).

Рациональное распределение параметров вычисляется с помощью целевой функции (2.57). Причем, чем меньше значение функции  $F$ , тем более рациональным считается набор параметров светодиодного светильника.

Вычисления и расчет рационального варианта конфигурации оптического устройства связаны с большим объемом вычислительной работы, для достижения данной задачи разработана программа в программной среде на графическом языке программирования стандарта C++, выполняющая подбор допустимых параметров в зависимости от заданных значений.



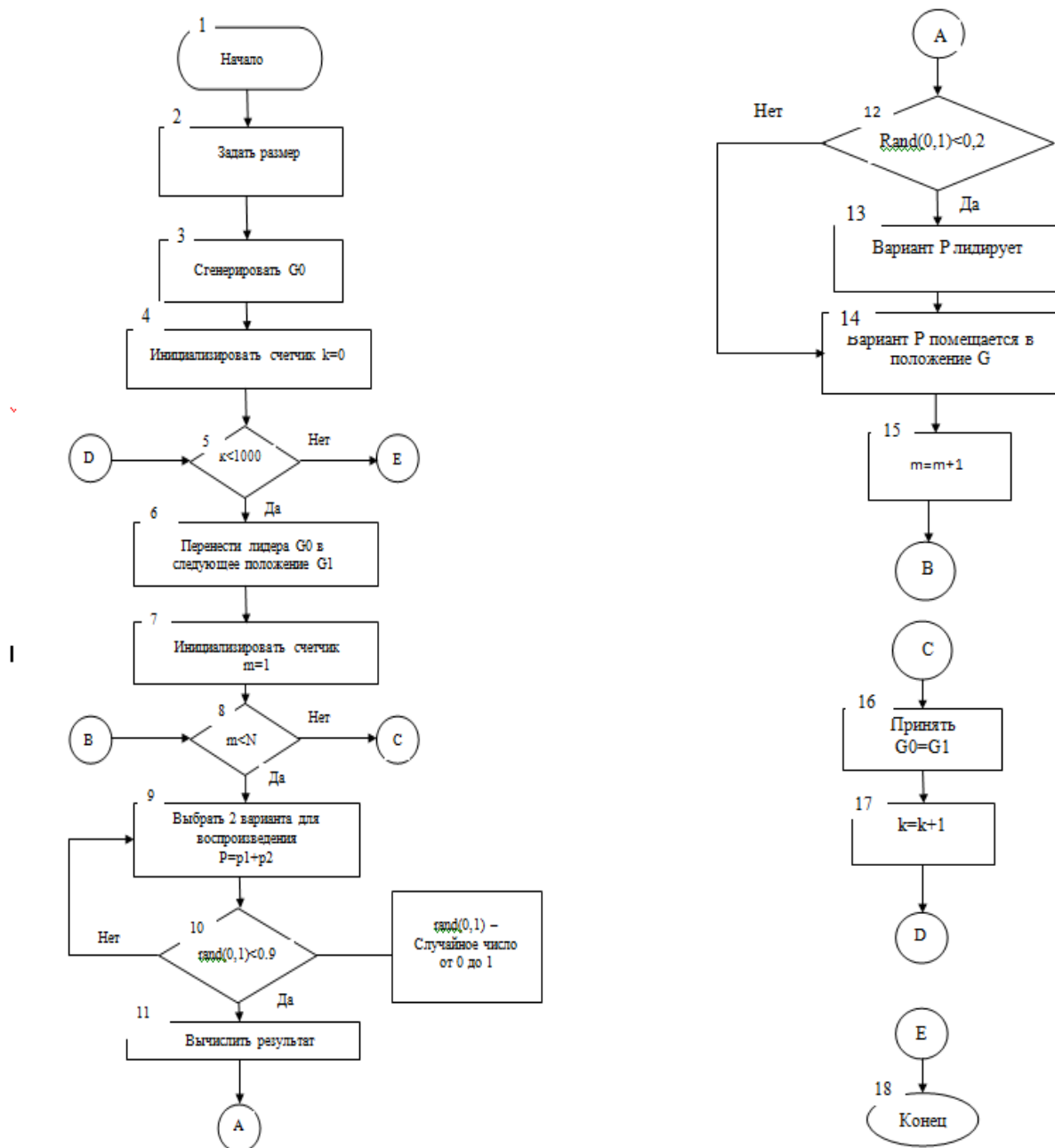


Рисунок 3.20 – Алгоритм работы программы расчета светодиодного прибора на основе светодиодов

Программа позволяет выполнять следующие функции:

- вводить параметры нормированного уровня освещенности в животноводческих помещениях согласно зоотехническим требованиям, провести расчет минимальному по количеству светодиодов в светильнике (рисунки 3.21, 3.22);

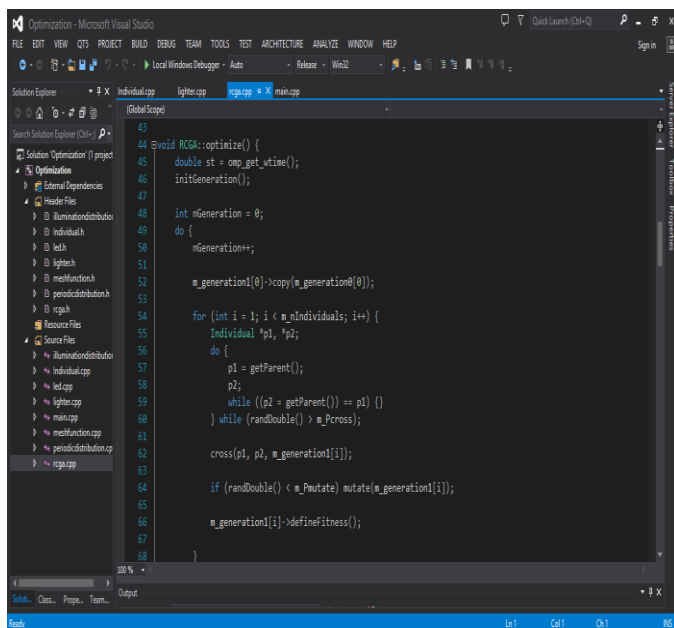
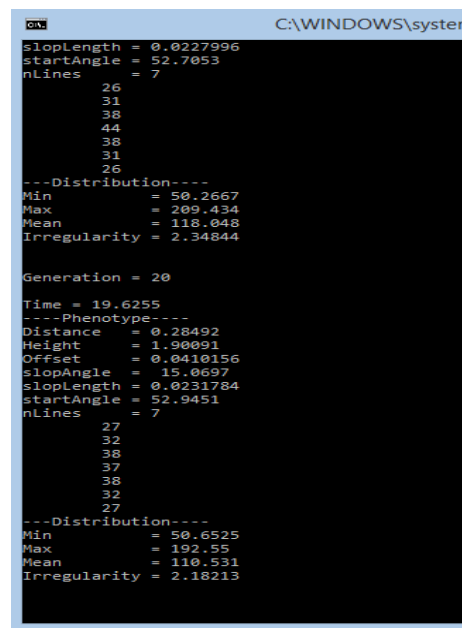


Рисунок 3.21 – Ввод начальных параметров

Рисунок 3.22 – Расчет параметров  
светильника по количеству светодиодов

- моделирование моделей светильников со светодиодами (рисунок 3.23);

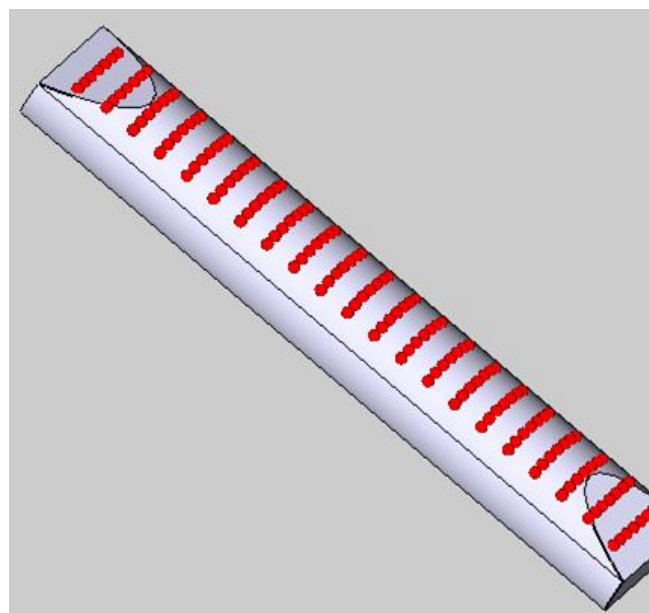
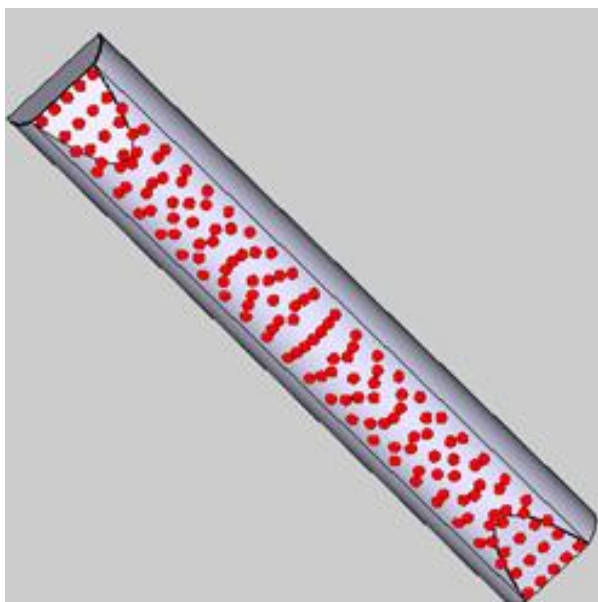


Рисунок 3.23 – Моделирование моделей светильников со светодиодами

- наблюдать на экране монитора распределение светового потока, изменение освещенности в животноводческих помещениях в зависимости от заданных параметров (рисунки 3.24, 3.25).

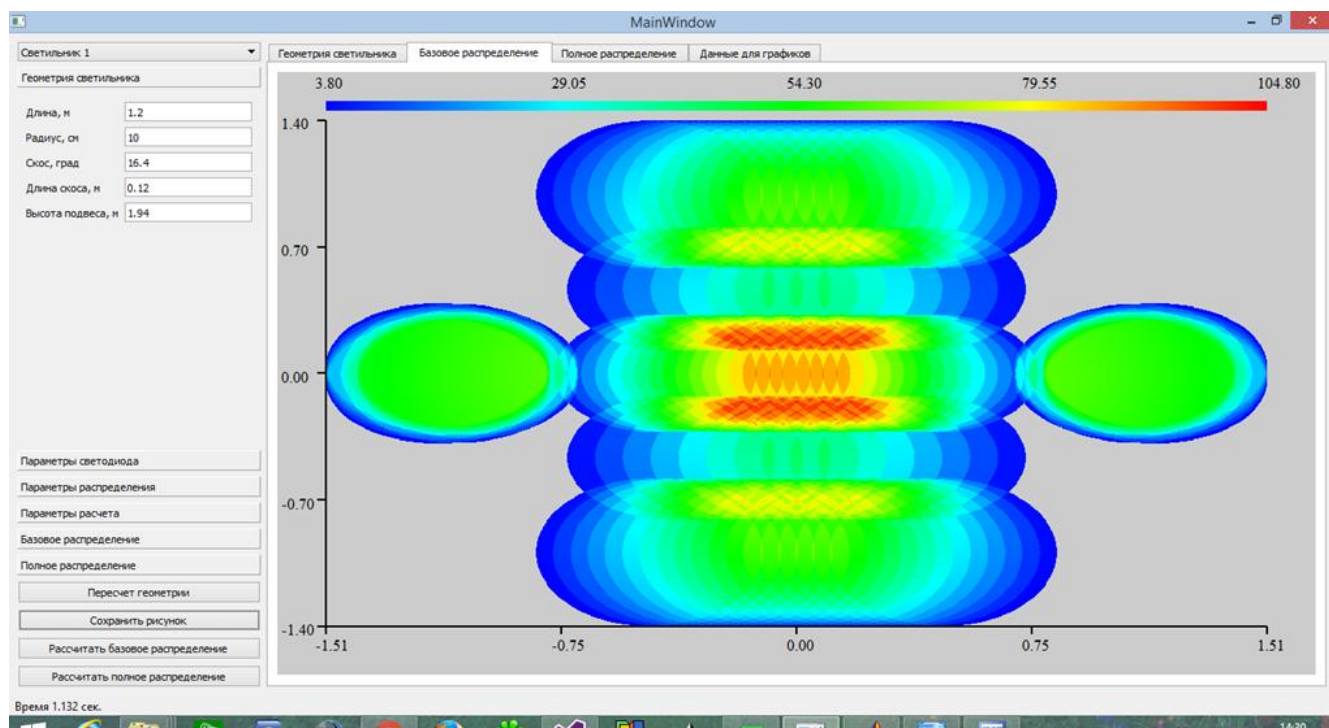


Рисунок 3.24– Распределение освещенности в программе

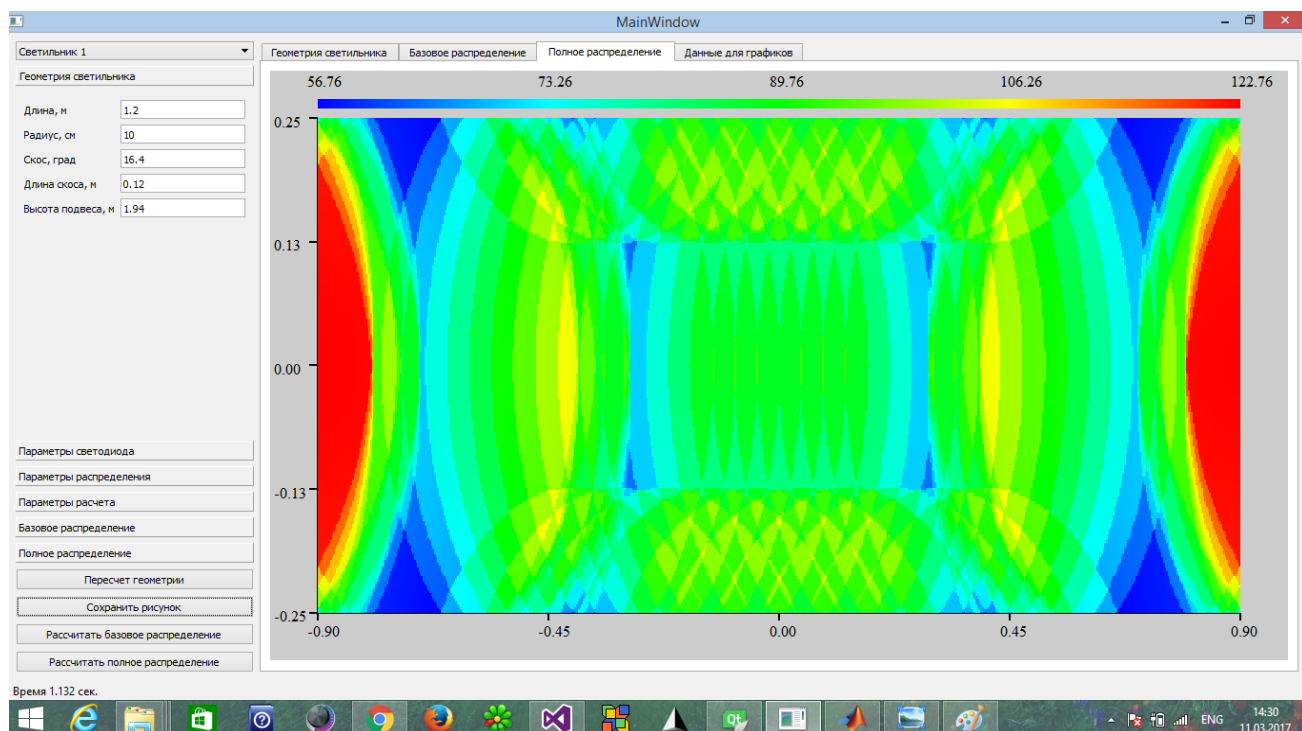


Рисунок 3.25 – Расчетные значения освещенности в программе

Выбираются параметры осветительного прибора, обеспечивающие наименьшее отклонение величин максимального значения освещенности ( $E_{\text{макс}}$ ) и неравномерности освещения ( $z$ ) от их нормированных значений  $E_{\text{норм}}$  и  $z_{\text{норм}}$ , с учетом максимально допустимого расстояния между осветительными

приборами, расположенными линейно, и варьируемых параметров светильника (расстояния между светильниками, расстояния от края светильника до первых светодиодов линеек, углом между наклонной частью светильника и его верхней поверхностью, протяженностью наклонной части светильника, углом, задающим положение первой линейки на светильнике, количество светодиодов на линейке).

### **3.8 Разработка энергосберегающего режима освещения в птицеводческом помещении за счет автоматизированной системы управления**

Экономическая ситуация, сложившаяся в настоящее время в России, способствует тому, что предприятия агропромышленного комплекса обязаны повышать качество и снижать себестоимость выпускаемой продукции из-за конкурентной борьбы на рынке. Поэтому предприятиям необходимо использовать такие научно-технические разработки, применение которых позволит сократить затраты на топливно-энергетические ресурсы, что приведет к снижению себестоимости продукции и повышению ее качества [152, 159, 188, 192, 201, 202, 223, 244, 252, 256, 262, 277, 286]. Повышение продуктивности биологических объектов в отрасли АПК одна из важнейших задач в сложившейся ситуации мирового продовольственного рынка. Как известно, уровень продуктивности во многом зависит от условий, которые созданы в той или иной сфере деятельности сельскохозяйственной отрасли.

Освещение в птичнике играет важную роль при выращивании кур всех направлений, позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечивать более комфортные условия ее содержания и добиваться существенного роста продуктивности стада. Оно так же способствует увеличению выживаемости молодняка, уменьшению затрат кормов и улучшению их усвоения, помогает снизить травматизм птицы, затраты электроэнергии в 4-5 раз [235, 236, 253].

В настоящее время проведено много исследований по увеличению показателей продуктивности путем изменения отдельных параметров микроклимата помещений [241, 242, 252, 259]. Освещение принадлежит к основным факторам жизнеобеспечения птицы и оказывает существенное влияние на ее рост, развитие, продуктивные и репродуктивные показатели. При этом значение имеют спектр света, освещенность и продолжительность светового дня. На освещение приходится до половины всех расходов электроэнергии в птичниках, стоимость которой составляет существенную (от 3 до 8 %) долю в себестоимости продукции птицеводства [248, 249, 252, 294]. В связи с этим необходимость поиска оптимального баланса между всеми составляющими световых программ выращивания и содержания птицы с точки зрения влияния на продуктивные показатели и минимизации затрат электроэнергии на освещение не вызывает сомнения.

Одним из вариантов прогрессивных научно-технических разработок является создание алгоритма и программы автоматического управления системой освещения для реализации энергосберегающих электротехнологий.

Целью являлась разработка алгоритма и программы освещения (длительность светового дня и интенсивность освещения) и светостимуляции (увеличение продолжительности светового дня) с учетом возраста и живой массы птицы для достижения оптимальных продуктивных и репродуктивных показателей и повышения эффективности мясного птицеводства, позволяющей существенно снизить затраты на топливно-энергетические ресурсы и повысить качество продукции.

При разработке программы управления освещенностью учитывали, что птичник представляет собой помещение закрытого типа для родительского стада (контролируемый микроклимат).

Основные требования, предъявляемые к программе управления освещением: индикация продолжительности светового дня, ч; индикация освещенности, лк; индикация возраста птицы, недели; плавное управление освещением, обеспечить искусственный рассвет и сумерки; автоматическая поддержка заданного светового режима; автоматическое переключение

режимов освещения между группами; индикация предупреждения о переходе к последующей группе.

Для разработки программы управления в автоматическом режиме освещением в помещении содержания птиц родительское стадо было условно разделено на четыре группы. Каждая группа сформирована согласно соответствующему возрасту птицы, приведена в (таблице 3.1.)

Таблица 3.1 – **Нормы освещенности для птичника закрытого типа**

| № группы | Возраст птицы, недель | Продолжительность светового дня, ч | Нормы освещенности, лк |
|----------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1        | 21-22                 | 12                                 | 30-90                  |
| 2        | 23-24                 | 13                                 | 30-90                  |
| 3        | 25-26                 | 14                                 | 30-90                  |
| 4        | 27 и старше           | 15                                 | 30-90                  |

Из таблицы следует, что продолжительность светового дня должна изменяться от 12 до 15 ч, а норма освещенности – постоянна и находится в пределах 30–90 лк.

При разработке алгоритма управления светильниками рассмотрена возможность автоматически регулировать продолжительность работы светильников и их освещенность за счет постоянной проверки сигнала по алгоритму. Так же была учтена норма светового дня в зависимости от возраста птицы согласно технологическим требованиям содержания птицы. Был разработан алгоритм регулирования освещенности (рисунок 3.26)

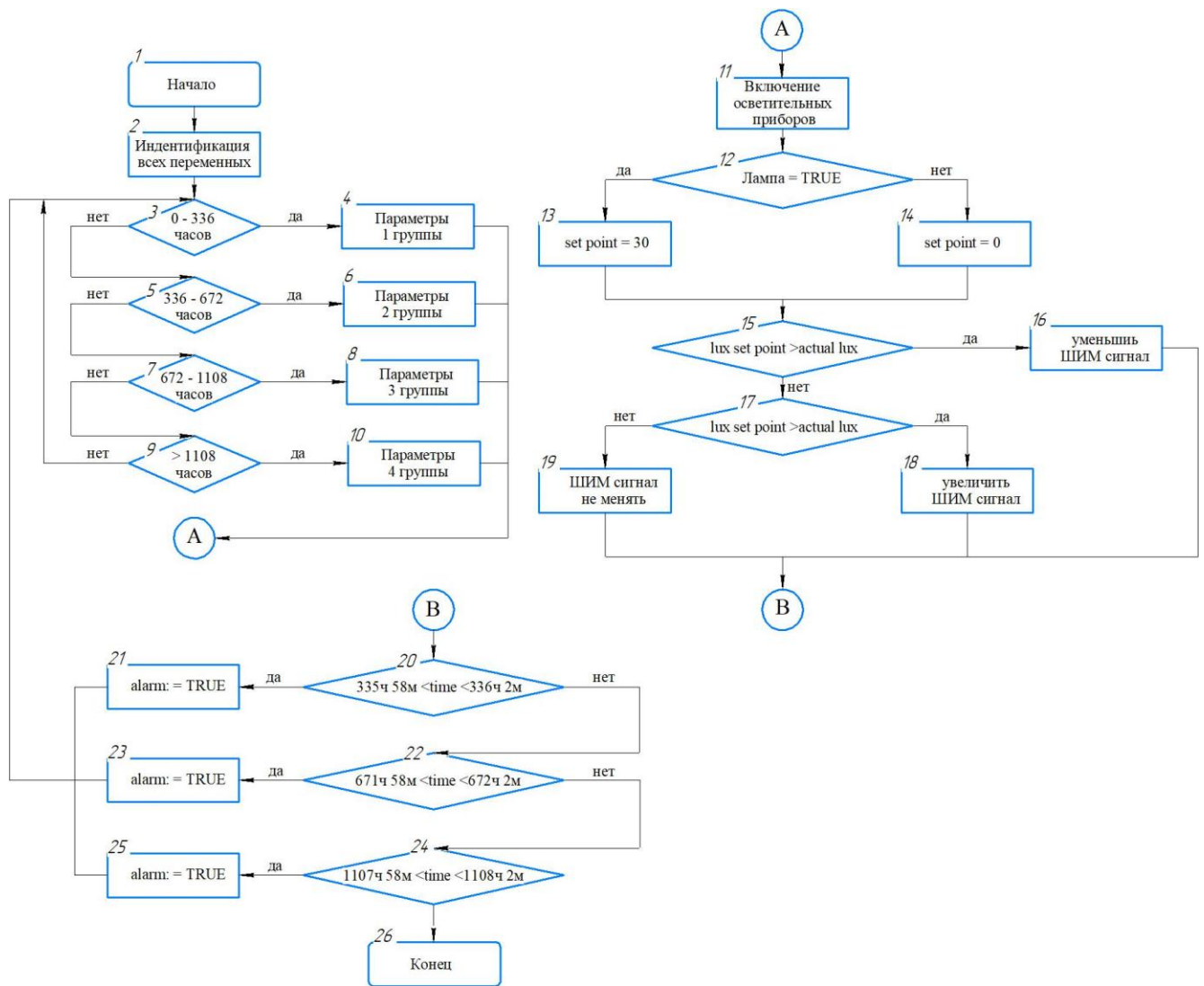


Рисунок 3.26 - Алгоритм регулирования программы освещенности  
для птицеводческих помещений

На блок «Идентификация всех переменных» поступает сигнал, в который задается число часов работы установки. Далее сигнал поступает на блоки сравнения возраста птицы (“0–336 часов”, “336–672 часов” и т.д.). В ряде этих блоков программа производит сравнение (да или нет): если значение часов в первом блоке “0–336 часов” не совпало, то сигнал переправляется на следующее значение времени “336–672 часов”; если значения времени входит в интервал времени, тогда сигнал по ветке “да” попадает в блок “Параметры 2 группы”.

Этот блок отвечает за вывод на экран ПЛК параметров продолжительности светового дня и нормы освещенности. После чего блок

“Включение осветительных приборов” подает сигнал на блок “лампа =TRUE”. Этот блок отвечает за включение или выключение осветительных приборов. Если сигнал идет по ветке “да”, то освещенность составит 30 лк. Если сигнал пойдет по ветке “нет”, то блок “set point = 0” подаст сигнал, что освещенность в помещении составит 0 лк.

Дальше блок исполнительного устройства “lux set point” производит сравнение действительного значения освещения 30 или 0 лк с нужным, но и защищает от повышения или понижения уровня освещенности в птичнике. Блок “lux set point >actual lux” производит сравнение заданного с действительным, в этом блоке заданное должно быть больше действительного. Заданное значение 30 больше действительного 30, нет, сигнал по этой ветке отправляется на следующее сравнение. Похожий блок “lux set point <actual lux” так же производит сравнение, но тут заданное значение должно быть меньше действительного. Следовательно, заданное значение 30 меньше действительного значения 30, нет. Блок «ШИМ» сигнала не менять” выводит значение, что действующее значение светильных приборов правильное и менять ничего не нужно.

После регулирования сигнал попадает на блоки срабатывания сигнализации предупреждающей, что возраст птицы увеличивается и параметры работы освещения меняются. При попадании сигнала на блок “335ч58м < time < 336ч2м” идет сравнение времени.

Если условие не совпадает, то сигнал по ветке “нет” идет на следующий блок сравнения “671ч 58м<time<672ч2м”. Если условие выполняется, то сигнал по ветке “да” поступает на световую сигнализацию, которую имитирует блок “alarm: =TRUE”. И этот блок сигнализирует и предупреждает оператора, что время нахождения птицы в птичнике увеличится и, соответственно, параметры работы освещения произведут смену параметров.

Посредством этих блоков предусмотрено ШИМ - регулирование импульсов напряжения, что освещенность была больше или меньше нормы (30 лк). Функциональные блоки отвечают за сравнение времени нахождения курицы в птичнике, отвечают за автоматическую смену параметров группы и



сигнализируют об автоматической смене “№ группы птицы” и, соответственно, параметров светового дня.

Предлагаемый алгоритм работы схемы управления позволяет практически безошибочно управлять освещенностью в птичнике и исключить ошибки человека при ручном регулировании освещения. Разработанный алгоритм управления реализован с помощью любых программируемых логических контроллеров отечественного производства, поддерживающих определенный стандарт, или импортных программируемых реле, которые широко внедрены на сегодняшний день в качестве управляющего устройства электрооборудованием и электротехнологиями в сельском хозяйстве.

Благодаря стандартизации языков программирования любая, разработанная прикладная программа в одном из этих языков получает возможность быть интегрированной на любом ПЛК, поддерживающем определенный стандарт.

Важной задачей является выбор среды программирования. В настоящее время широко распространены среды программирования, такие как CoDeSys, предлагаемая отечественным производителем – компанией «Овен», и комплекс программирования ZelioSoft, предназначенный для разработки программ продукции европейского концерна Schneider Electric. Это работающие по одному принципу, идентичные программные среды. Отличия этих сред программирования заключаются в реализации интерфейса, в стиле графики, наборе сервисных функций, дополнительных библиотеках и в реализации систем исполнения.

В качестве среды программирования был выбран программный комплекс CoDeSys. Он позволяет использовать визуализацию проекта для симуляции различных ситуаций управления параметрами освещенности. CoDeSys (Controller Development System) система программирования контроллеров и встроенных систем стандарта технологических языков программирования IEC 61131–3. Этот комплекс не является привязанным к какой либо аппаратной платформе. Основными частями системы являются среда разработки программы и среда ее исполнения, которая находится в ПЛК. Она выполняет

загрузку кода в память процессора, управление задачами, функции мониторинга, просмотр и фиксацию переменных, аккумулярование данных трассировки и трендов, содержит оптимизированный код стандартных библиотек и т.д. Большая по объему часть кода системы исполнения работает только при подготовке программы.

В качестве языка программирования выбран один из пяти языков программирования МЭК 61131-3. SFC (Sequential Function Chart), представляющий собой схему из непрерывных функциональных блоков с обратной связью [28, 29].

Для плавного управления освещением используется программный функциональный блок ПИД-регулятор (PID). Он позволяет управлять светодиодной лампой, поддерживая заданный режим освещенности (уставку). Задача ПИД-регулятора подвести контролируемое значение освещенности к заданному.

Согласно рисунку 3.27, блок ПИД-регулятора имеет 11 входов.

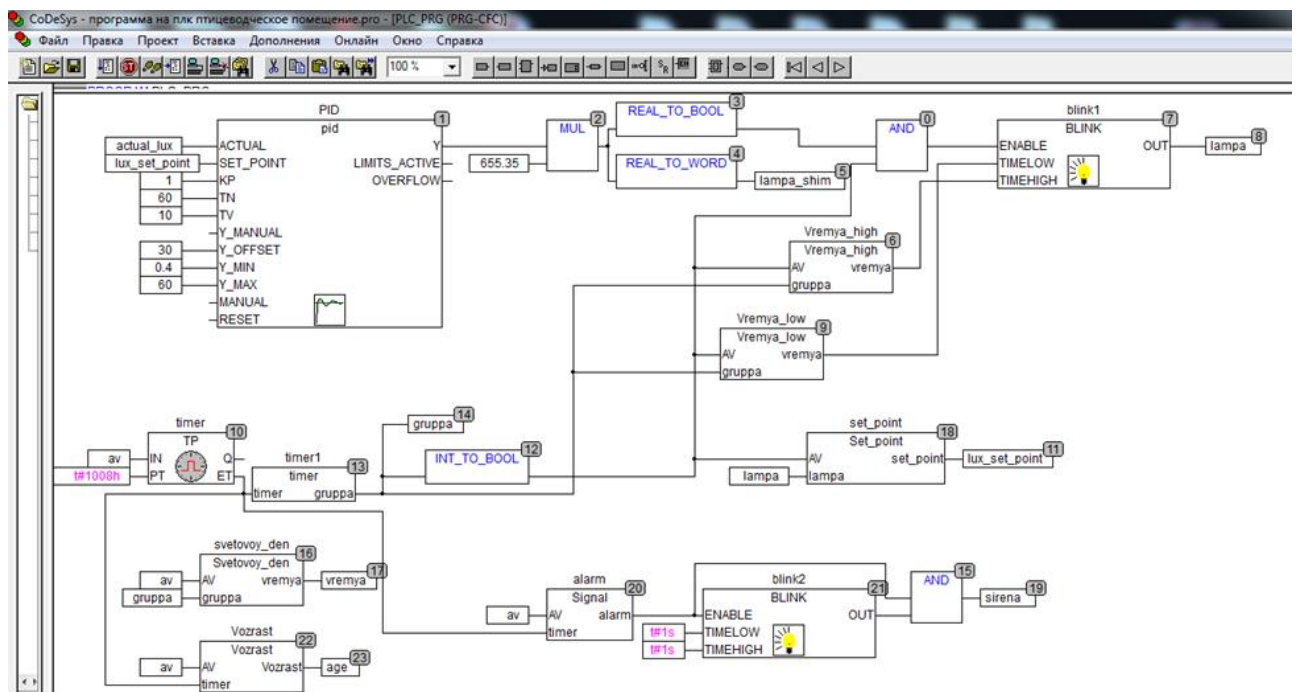


Рисунок 3.27 – Программа управления освещенностью  
для птицеводческих помещений

На его первый вход ACTUAL(REAL) поступает текущее значение контролируемой величины. На втором входе SETPOINT(REAL) задается уставка, которая в нашем случае принимает два значения 0 и 30 лк.

Освещенность в 30 лк является минимальным уровнем освещения, который необходимо поддерживать в птичнике после постепенного увеличения светового дня. Затем следует создать искусственные сумерки, в ходе которых освещенность плавно уменьшается до 0. Таким образом, уставка на 0 лк указывает на то, что освещенность светильника должна снижаться, и он должен перейти в режим "выключено".

Следующие входы – переменные KP, TN, TV определяют соответственно коэффициент передачи, постоянные времени интегрирования и дифференцирования ПИД-регулятора. Выбор этих параметров осуществляется таким образом, чтобы обеспечить плавные нарастание и спад освещенности приблизительно в течение 2 минут.

Вход Y\_OFFSET(REAL) указывает на стационарное значение выходной величины, т.е. освещенности. Входы Y\_Min(REAL) и Y\_Max(REAL) определяют минимальное и максимальное значения выхода Y соответственно. Минимальное значение освещенности, как указано в [162, 168, 170, 171], в период затемнения не превышает 0,4 лк. Максимальное значение освещенности в период светового дня составляет 60 лк.

Управление освещенностью светодиодных светильников осуществляется по напряжению. ПИД-регулятор в режиме аналогового регулирования рассчитывает отклонение освещенности E текущего значения контролируемой величины освещенности от заданной уставки (т. е. рассогласование).

В результате на выходе регулятора вырабатывается аналоговый сигнал Y, который направлен на уменьшение рассогласования E. Этот сигнал подается на исполнительное устройство регулятора в виде последовательности импульсов (ШИМ) напряжения. Для генерации ШИМ сигнала lampa\_shim (REAL) предусмотрен блок REAL\_TO\_WORD.

Кроме того, на выходе Y блока ПИД-регулятора предусмотрен блок REAL\_TO\_BOOL преобразования сигнала из действительного значения в логическую переменную. Это необходимо для управления функциональным блоком BLINK, который предназначен для регулирования продолжительности светового дня. Значение на выходе ПИД-регулятора, отличное от нуля, преобразуется в логическую единицу, которая подается на функциональный блок BLINK. Это означает, что блок переводится в активное состояние и готов к работе. Иначе на его вход подается логический ноль, что переводит этот блок в выключенное состояние.

Блок BLINK имеет два входа, которые работают с переменными, имеющие типы данных TIME. Первый вход TIMELOW – это время, в течение которого отсутствует сигнал. В данной работе это означает, что в течение указанного времени должно отсутствовать освещение.

Второй вход TIMEHIGH – это время продолжительности светового дня. Таким образом, блок BLINK позволяет автоматически перевести светильник из включенного состояния в выключенное через требуемый промежуток времени.

В программе была учтена норма продолжительности светового дня в зависимости от возраста птицы согласно технологическим требованиям. Так в таблице 3.2 представлено время светового дня 12, 13, 14 и 15 ч, и период затемнения – 12, 11, 10 и 9 ч для каждой из групп.

Таблица 3.2 – Продолжительность освещения

| № группы | Возраст птицы, недель | Продолжительность освещения, ч | Продолжительность затемнения, ч |
|----------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1        | 21-22                 | 12                             | 12                              |
| 2        | 23-24                 | 13                             | 11                              |
| 3        | 25-26                 | 14                             | 10                              |
| 4        | 27 и старше           | 15                             | 9                               |

Следовательно, на вход блока BLINKTIMELOW в зависимости от номера группы подается значение 9, 10, 11 или 12 ч, а на вход TIMEHIGH задается время 12, 13, 14 или 15 ч.

Таким образом, после длительности импульса, соответствующего времени на входе TIMENHIGH, вспомогательная переменная lampa, тип данных которой BOOL, изменяет свое состояние на логический нуль.

Это в свою очередь приводит к смене уставки на значение в 0 лк. Контролируемая величина начинает плавно уменьшаться до 0 и сохраняет это значение в течение заданного отрезка времени – периода затемнения (согласно технологии содержания птицы [162, 170]).

За изменение значения уставки отвечает функциональный пользовательский блок set\_point (рисунок 3.28).

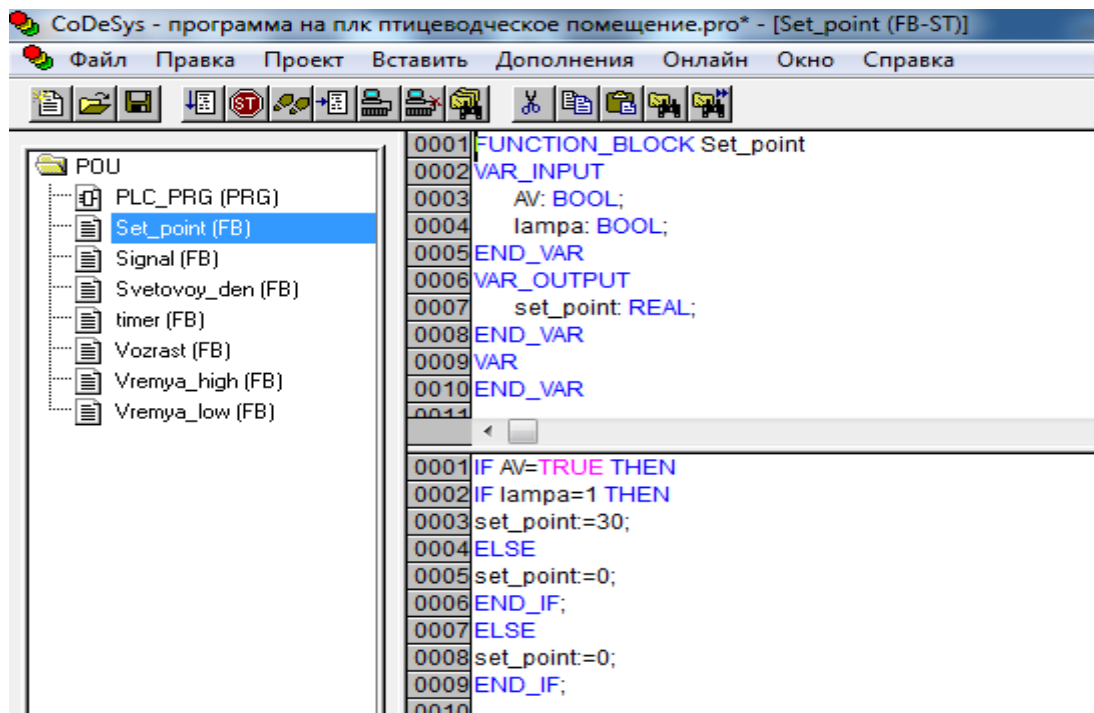


Рисунок 3.28 – Текст программы для пользовательского блока set\_point

Вход TIMENHIGH, вспомогательная переменная lampa имеет на выходе значение TRUE, а уставка – значение в 30 лк (либо значение, нормируемое согласно кроссу птицы).

Автоматический переход между значениями отрезков времени, подающихся на входы TIMELOW и TIMENHIGH, осуществляется с помощью пользовательских функциональных блоков Vremya\_low и Vremya\_high соответственно (рисунок 3.29).

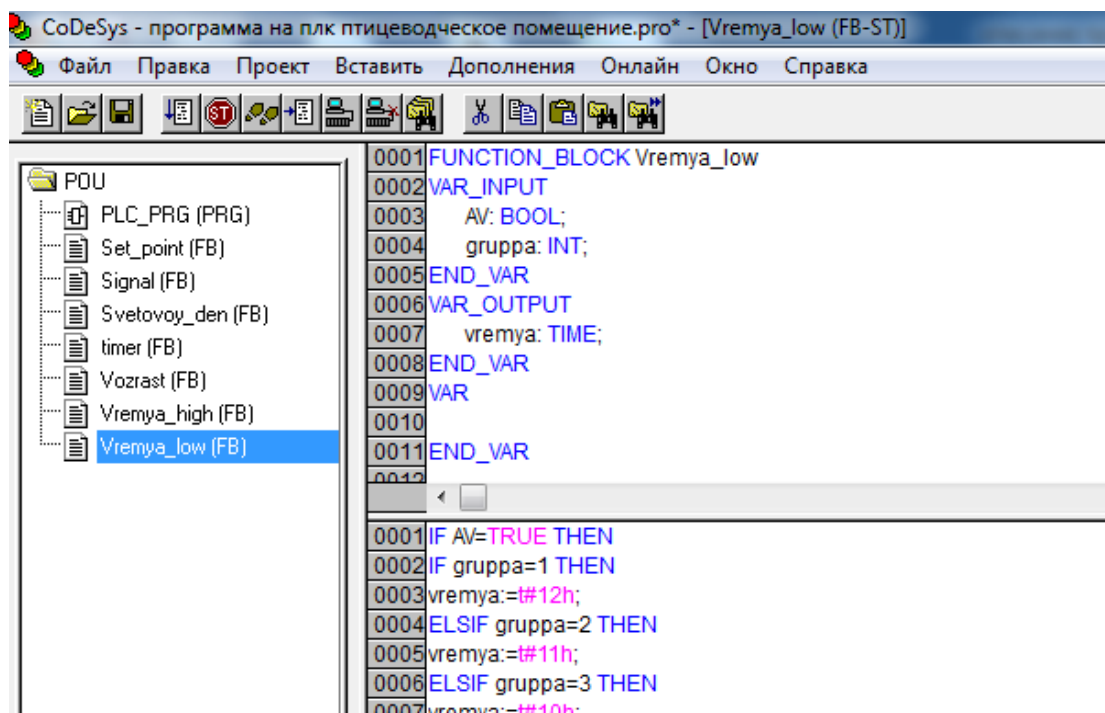


Рисунок 3.29 – Текст программы для пользовательского блока Vremya\_low

Они настроены так, что смена номера группы приводит к изменению значения времени продолжительности светового дня и отсутствия освещенности. Смена номера группы осуществляется в автоматическом режиме посредством пользовательского функционального блока timer (рисунок 3.30).

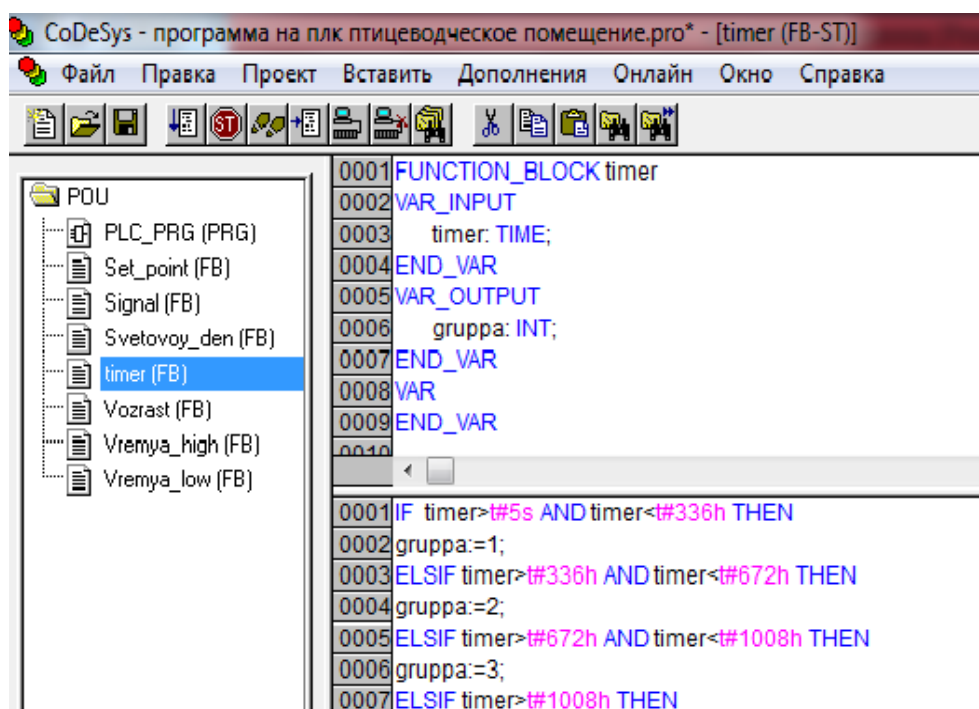


Рисунок 3.30 – Текст программы для пользовательского блока timer

Текущее значение номера группы увеличивается на единицу (от первой группы до четвертой) через промежуток времени, длительность которого соответствует разнице между возрастами птиц двух соседних групп. Так, первая, вторая, третья и четвертая группы соответствуют возрасту птицы в (21-22), (23-24), (25-26) и (27-убой) недель. Это означает, что смена нумерации группы должна происходить через две недели. Порядковые значения номера группы подаются на вход функциональных блоков Vremya\_ Vremya\_high.

На выходе блока timer предусмотрен блок преобразования INT\_TO\_BOOL целочисленного типа данных (номера группы) в логическую переменную. Номер группы, отличный от нуля, масштабируется в логическую единицу, наличие которой на выходе блока INT\_TO\_BOOL позволяет перевести в активное состояние блоки Vremya\_low, Vremya\_high, set\_point. Пока номер группы равен нулю, блоки не функционируют. Как показано на рисунке 3.31, в течение трех секунд система продолжает находиться в выключенном состоянии. Для выявления отсутствия сетевого питания предусмотрен определенный период задержки.

В программе таймер TP служит для управления пользовательским функциональным блоком signal (рисунок 3.31).

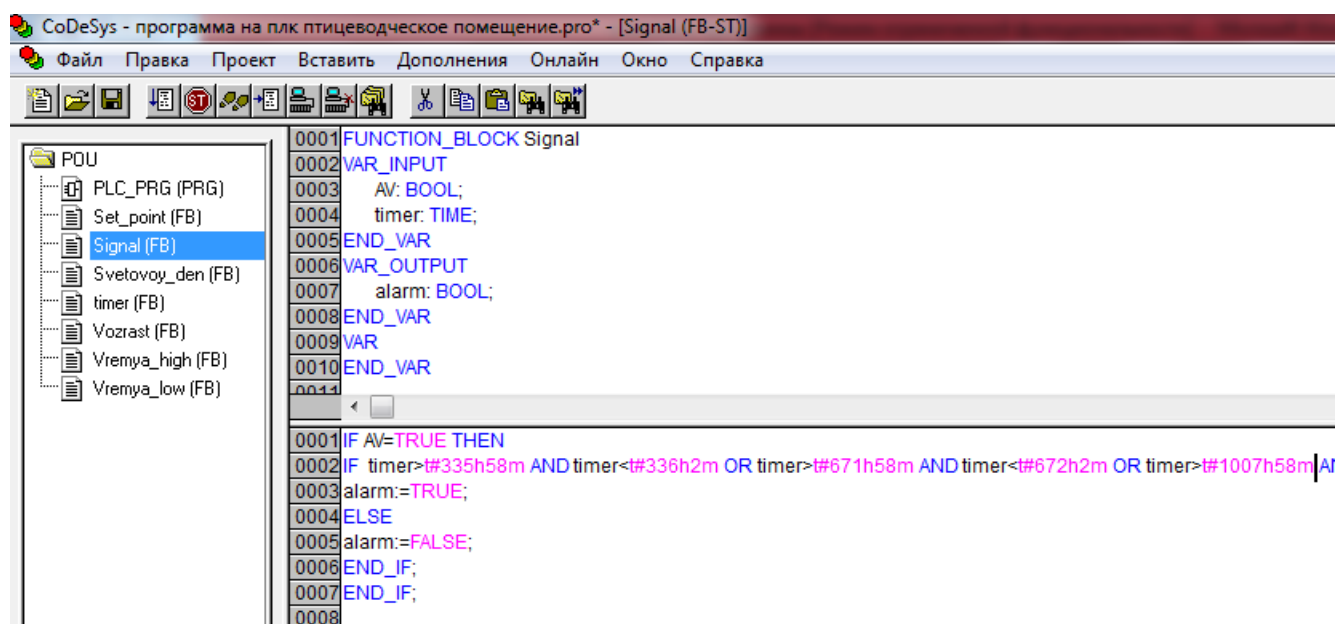


Рисунок 3.31 – Текст программы для пользовательского блока signal

Этот блок контролирует срабатывание световой сигнализации, которая оповещает о смене параметров светового режима. В свою очередь это свидетельствует об изменении номера группы, а следовательно, и возраста птицы. Световая сигнализация активна в течение 4 минут.

В программе функциональные блоки Svetovoy\_den (рисунок 3.32) и Vozrast (рисунок 3.33) предусмотрены для индикации продолжительности светового дня и возраста птицы.

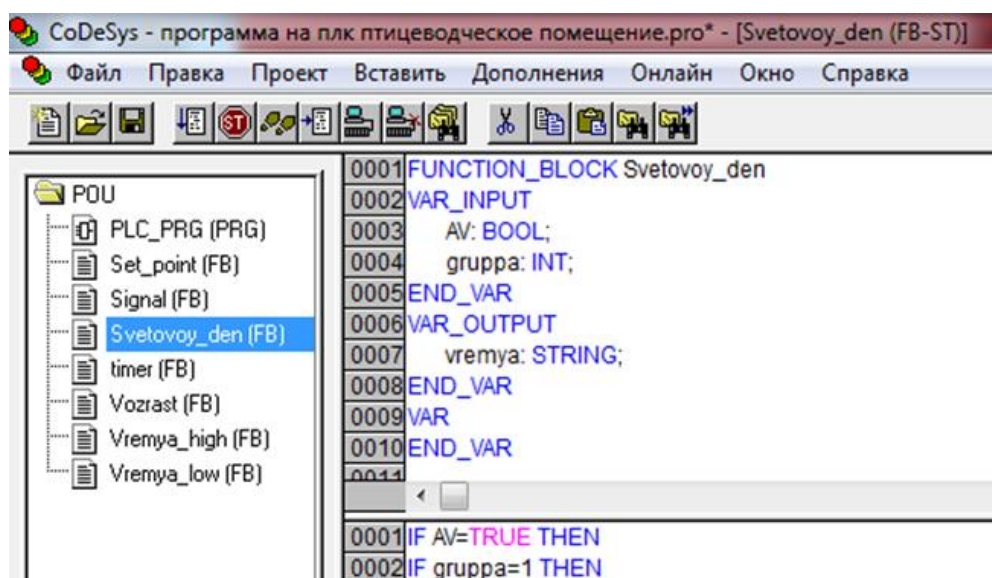


Рисунок 3.32 – Код программы для пользовательского блока Svetovoy\_den

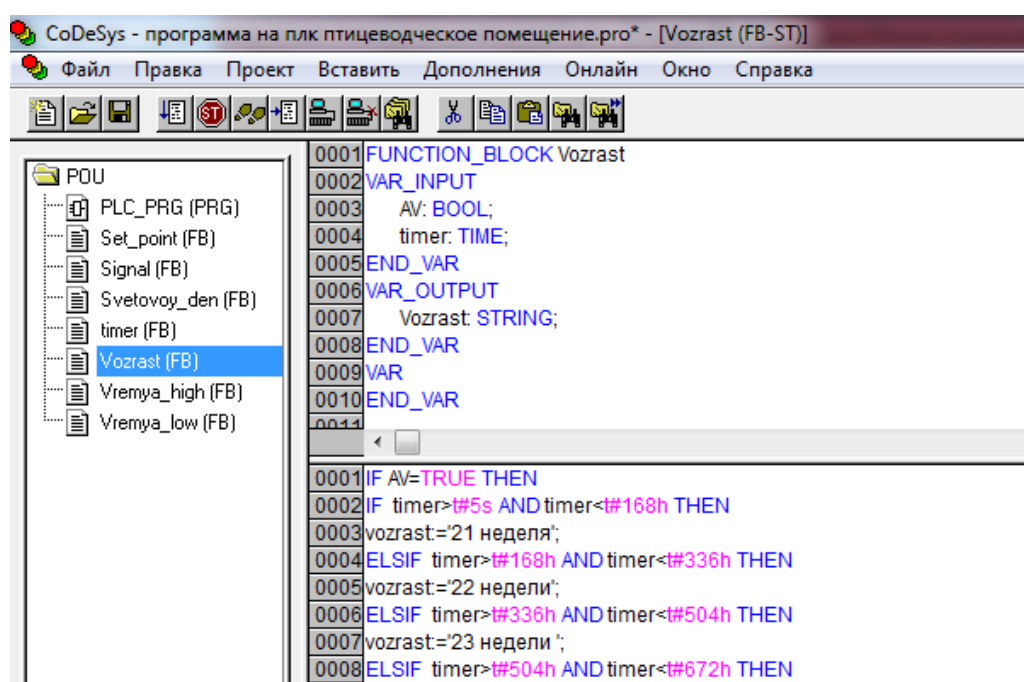


Рисунок 3.33 – Код программы для пользовательского блока Vozrast



Переменные `vozrast` и `vremya` имеют тип данных `STRING`, представляющий собой строки символов. Таким образом, указанные переменные выводят на экран соответствующую текстовую информацию в виде возраста родительского стада и продолжительности светового дня.

Во время функционирования ПЛК могут возникнуть непредвиденные ситуации, связанные с перебоем работы питания сети, внеплановым отключением или отсутствием электричества. Как видно из представленного описания программы, система должна быть в рабочем состоянии на протяжении всего времени выращивания родительского стада. При возникновении внештатной ситуации после возобновления питания контроллер продолжит выполнять свои задачи в текущем режиме. Для реализации работы программы понадобится микроконтроллер, имеющий аналоговые входы и дискретные выходы (таблица 3.3). Для управления параметрами освещенности необходим микроконтроллер, имеющий аналоговые входы и выходы, клеммы для питания и 1 дискретный выход, к которому возможно присоединение исполнительного механизма, осуществляющего регулирующее управление сигнализацией. Количество аналоговых входов и выходов зависит от используемого количества датчиков освещенности и светодиодных установок.

Для работы был выбран ПЛК 110 – 30 с литерой M02 (таблица 3.3, рисунок 3.34), так как имеет 18 аналоговых входов и до 12 аналоговых выходов.

Таблица 3.3 – Структурная схема ПЛК

|                     |                  |     |                   |                                                                                       |
|---------------------|------------------|-----|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Датчик освещенности | Аналоговые входы | ПЛК | Аналоговые выходы | Управление светодиодными установками через последовательные импульсы (ШИМ) напряжения |
|                     |                  |     | Дискретные выходы | Управление сигнализацией                                                              |

Преимущество использования этого контроллера заключается в том, что в его конструкции предусмотрена возможность подключения дополнительных

модулей ввода/вывода. Наличие дополнительных функций ПЛК 110 – 30 с литерой M02 позволит управлять большим количеством светодиодных установок и использовать достаточное количество датчиков освещенности для обеспечения равномерного распределения светового потока по всей площади птичника, знакосинтезирующий дисплей и встроенные часы реального времени позволят обеспечить запуск программы в строго определенное время.

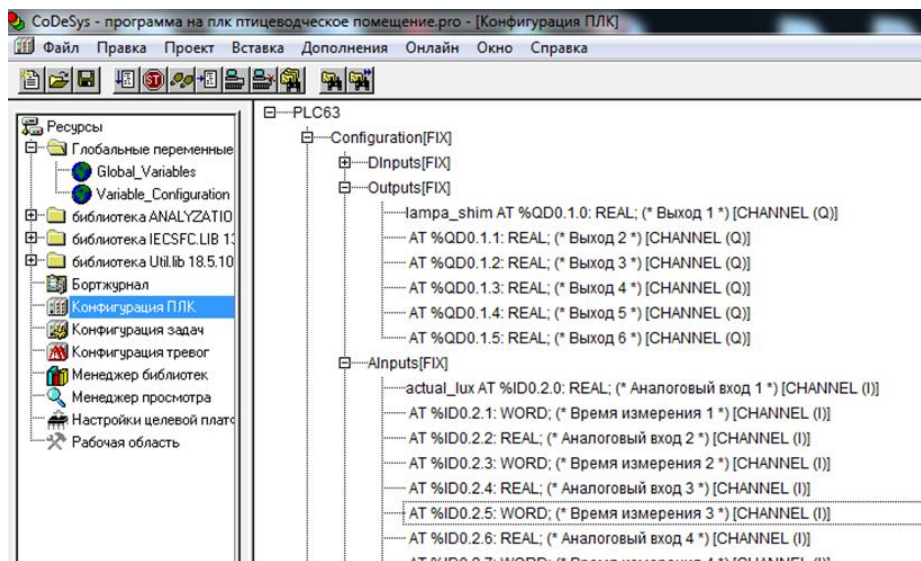


Рисунок 3.34 – Конфигурация ПЛК 110 – 30 с литерой M02

Для проверки работоспособности программы была разработана ее визуализация (рисунок 3.35).



Рисунок 3.35 – Визуализация программы

Она дает возможность отслеживать текущие показания освещенности и управлять другими параметрами, отображаемыми на экране (уровень освещенности, возраст птицы, продолжительность светового дня, счетчик времени).

На рисунке 3.36 изображен общий вид визуализации работы ПИД-регулятора, которая предоставляет возможность наблюдать процесс регулирования контролируемой величины (освещенности).

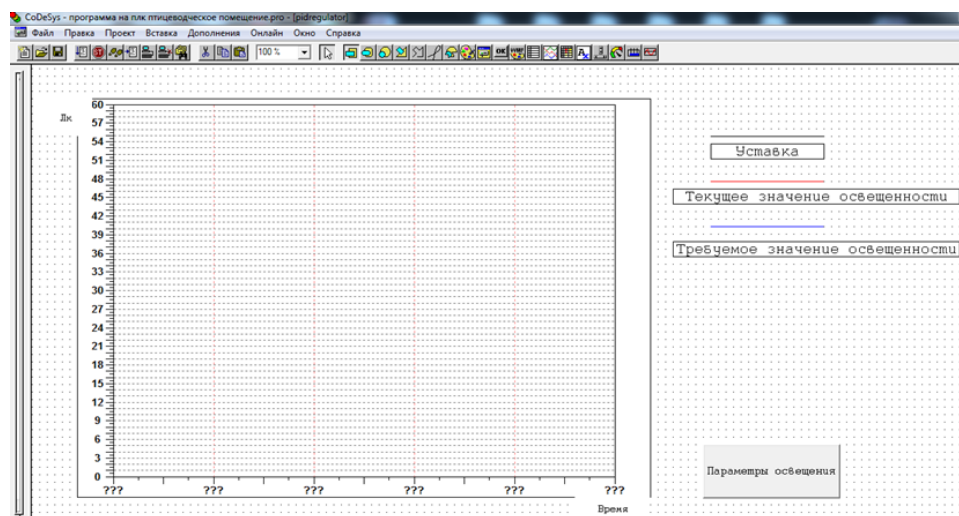


Рисунок 3.36 – Графическая иллюстрация ПИД-регулятора

На рисунке 3.37 представлена графическая иллюстрация работы программы в режиме работы поддержания светового режима.

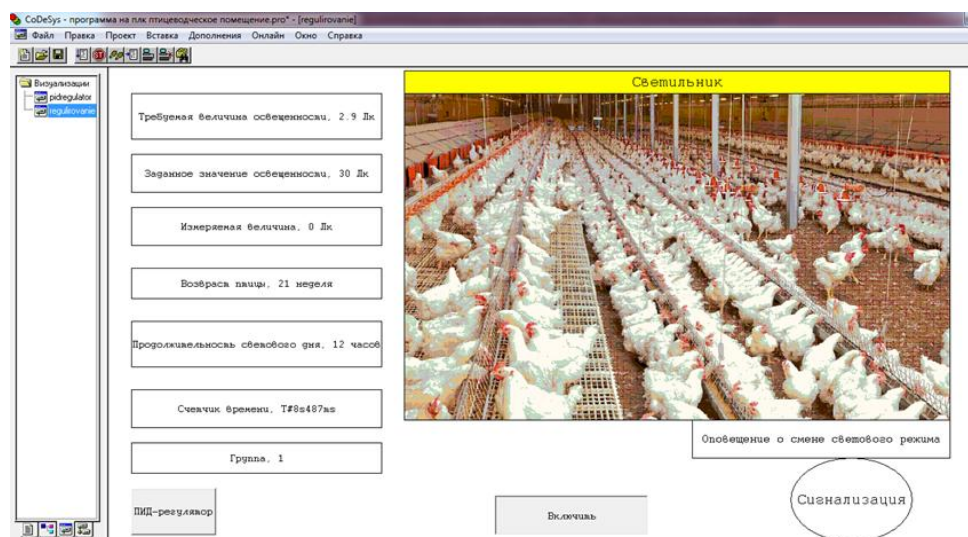


Рисунок 3.37 – Графическая иллюстрация работы в режиме светового дня

По окончании запуска программы на экране отображается индикатор по длине светового дня, возраста птицы и информацией об уровне освещенности (рисунок 3.38).

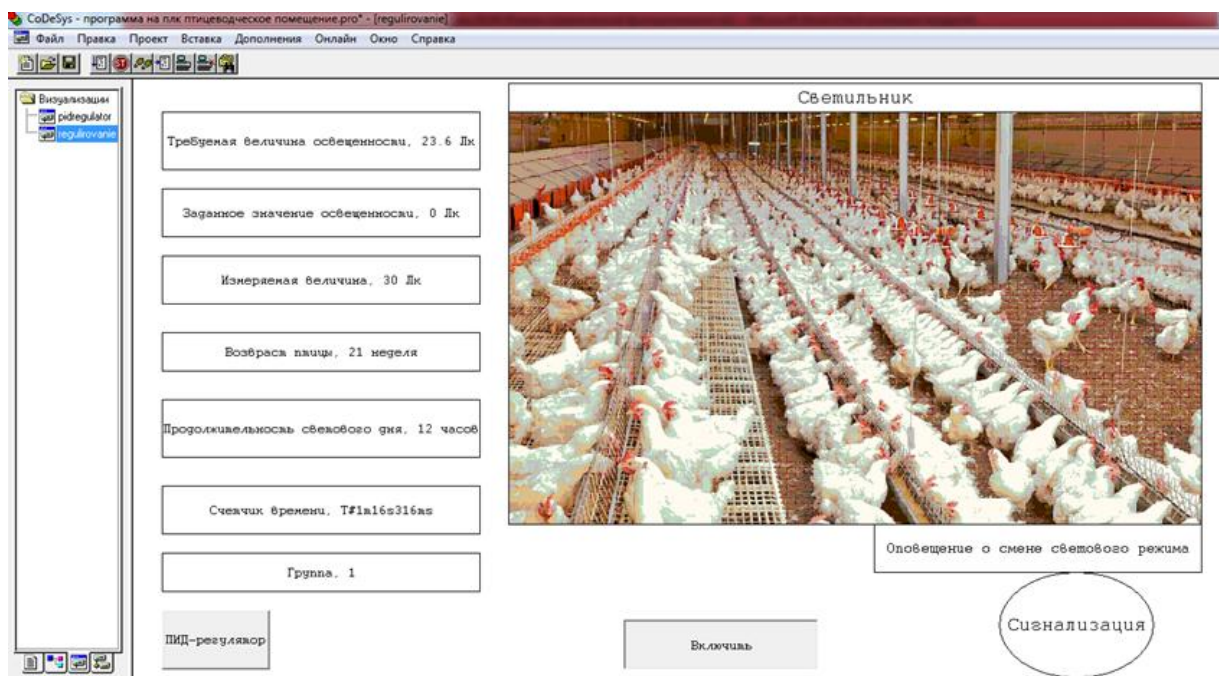


Рисунок 3.38 – Визуализация программы в режиме плавного заката

Светильник включается, и в течение двух минут сигнал постепенно усиливается, создавая эффект плавного рассвета. Уровень освещенности увеличивается, что указывает на рост ШИМ-сигнала, управляющего освещенностью в результате чего измеряемая величина (освещенность) должна возрасти до установленного значения. В случае, когда освещенность должна постепенно снижаться, это имитирует плавный закат от максимального уровня до нуля, поскольку наступает период, когда освещение отсутствует. Процесс уменьшения освещенности также занимает две минуты.

При смене уровня освещенности срабатывает световая сигнализация. Подобно управлению системами освещения возможно реализовать для других групп птиц согласно требуемым параметрам их содержания. Счетчик времени на мониторе позволяет следить за соответствием между пройденным временем и индикацией номера группы, так как номер группы взаимосвязан с возрастом птицы, а следовательно, и с продолжительностью светового дня (рисунок 3.39).



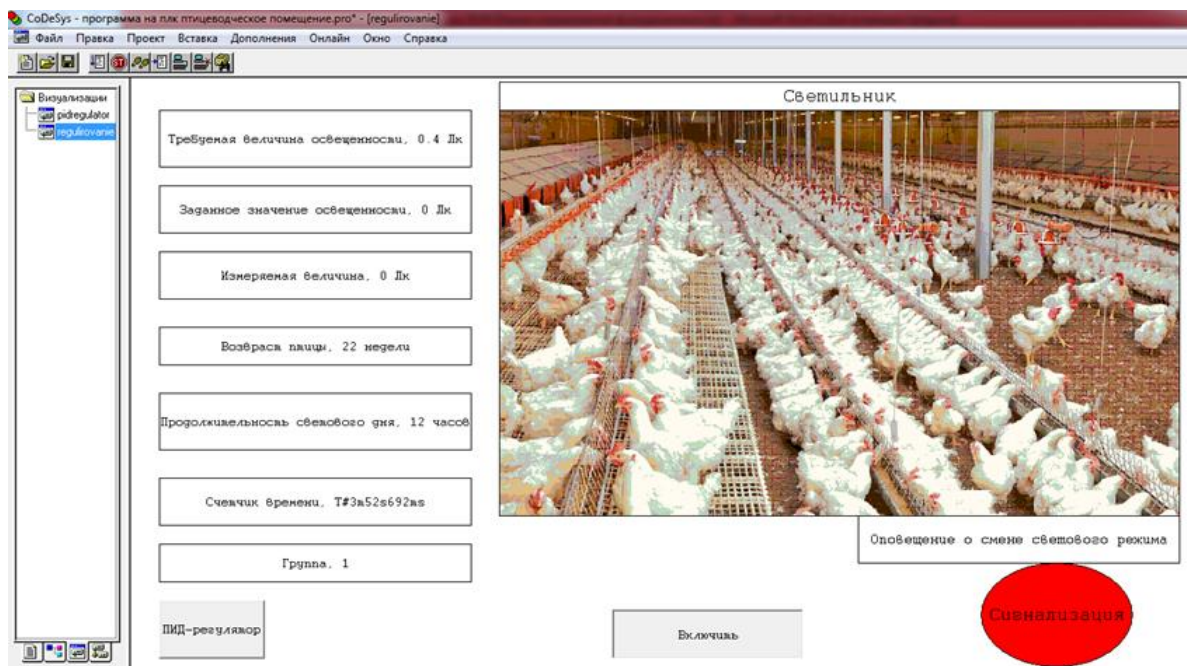


Рисунок 3.39 – Визуализация программы в режиме смены параметров освещенности

На визуализации таймер настроен на короткие временные промежутки для удобства тестирования программы. В реальных условиях он функционирует согласно алгоритму выше.

### 3.9 Разработка схемы управления системой освещения в птицеводческом помещении

Для электрического освещения птицеводческих помещений разработана схема управления электрооборудованием на базе ПЛК (рисунок 3.40), основываясь на блочно-модульной схеме алгоритма работы. Работа схемы осуществляется через два ввода, основного и резервного, т.к. птичник относится к 1-й группе электроснабжения. Для обеспечения дополнительной защиты питания цепей управления оно выполняется через реле выбора фаз. Это реле выбирает наиболее подходящую по параметрам фазу для подачи питания на ПЛК, органов управления и индикации.

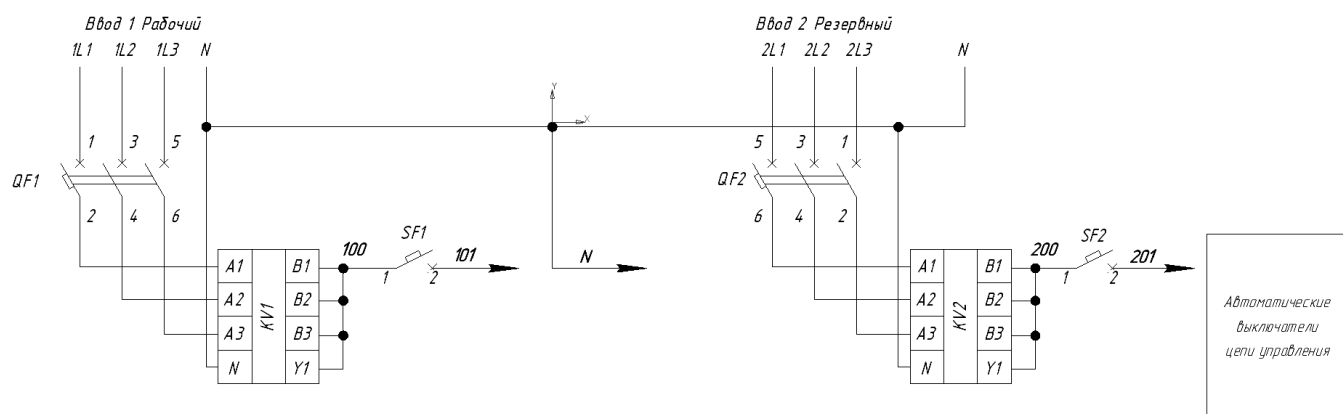


Рисунок 3.40 – Электрическая схема управления ПЛК

В схеме предусмотрен кулачковый переключатель SA1 для выбора режима управления. Автоматический режим управления осуществляется с помощью ПЛК TR1. Ручной режим управления осуществляется с помощью кнопочной станции SB1 (пуск) и SB2 (стоп) (рисунок 3.41).

В ручном режиме управления питание на лампы освещения подается с помощью кнопок включения и отключения SB1 и SB2. При включении кнопки SB1 во избежание разрыва электрической цепи используется шунтирующий контакт промежуточного реле KL4 в цепи кнопок управления. Для отключения освещения и разрыва электрической цепи используется кнопка отключения SB2. Раздельное включение освещения по группам в этом режиме невозможно.

В автоматическом режиме управления питание ламп осуществляется через ПЛК TR1. При включении освещения замыкаются силовые контакты ПЛК Q1.1-Q4.1 и плавно увеличивающийся ШИМ - сигнал начинает поступать на светильники. Также для обеспечения индикации работы для каждой группы освещения предусмотрены лампы индикации. При появлении напряжения на участке цепи светильников промежуточные реле KL4, KL5, KL6 срабатывают и переключают контакты на индикационные лампы HL2 “Включено” (рисунок 3.42).

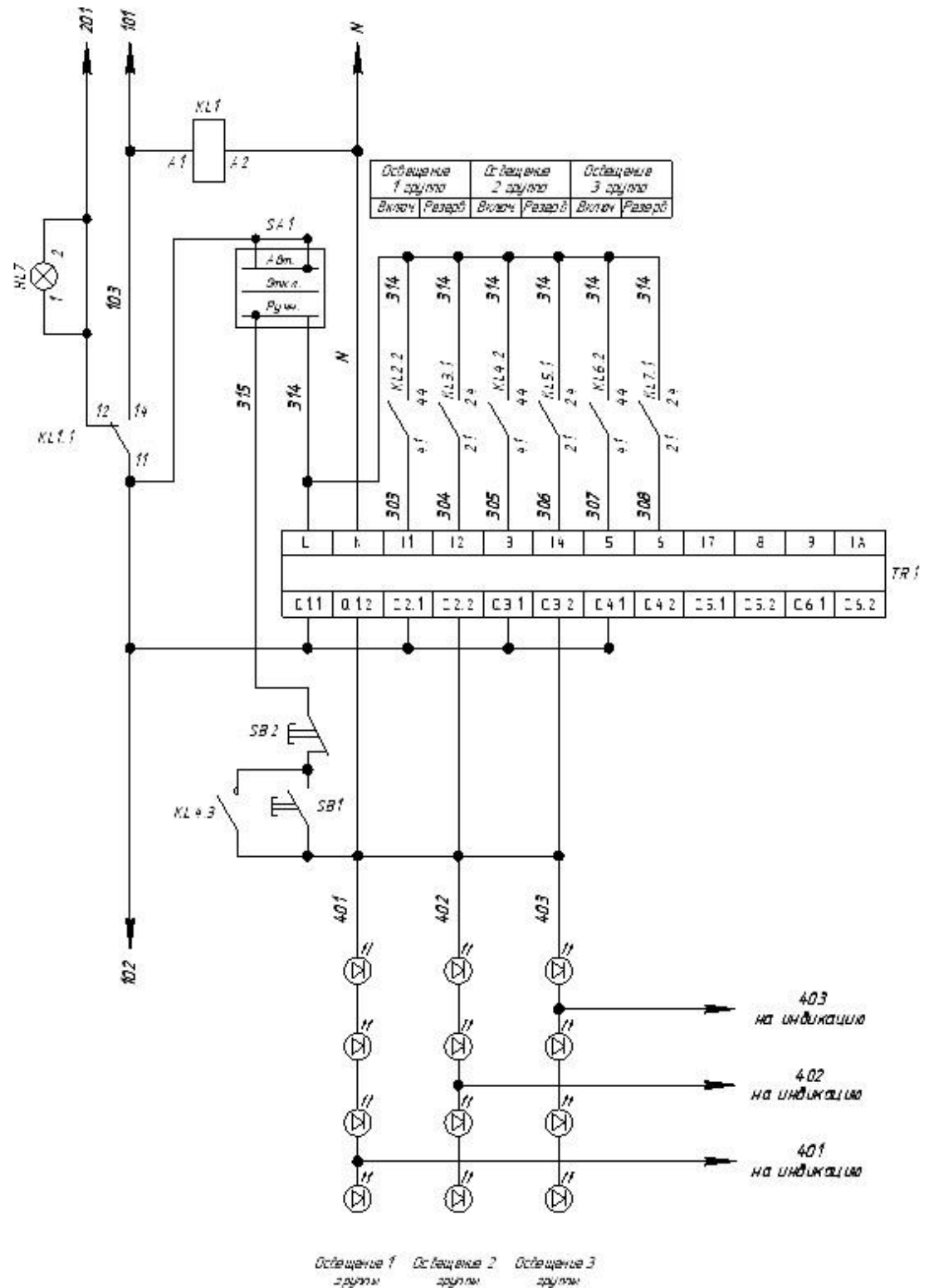


Рисунок 3.41 – Электрическая схема управления ПЛК: SA1 - кулачковый переключатель; SB1, SB2 - кнопочная станция; KL4, KL5, KL6- промежуточные реле; Q1.1- Q4.1 - силовые контакты ПЛК, HL1 - индикационная лампа; KL1, KL2, KL3 - дополнительные контакты

Также при отключении и пропаже напряжения на промежуточных реле они переключают свои контакты в исходное состояние и питание поступает на индикационную лампу HL1 “Отключено”. Дополнительные контакты KL1, KL2, KL3 также служат для подключения в ПЛК на входы I1, I2 и информируют оператора о включенном освещении и питании с резервного ввода (рисунок 3.42).

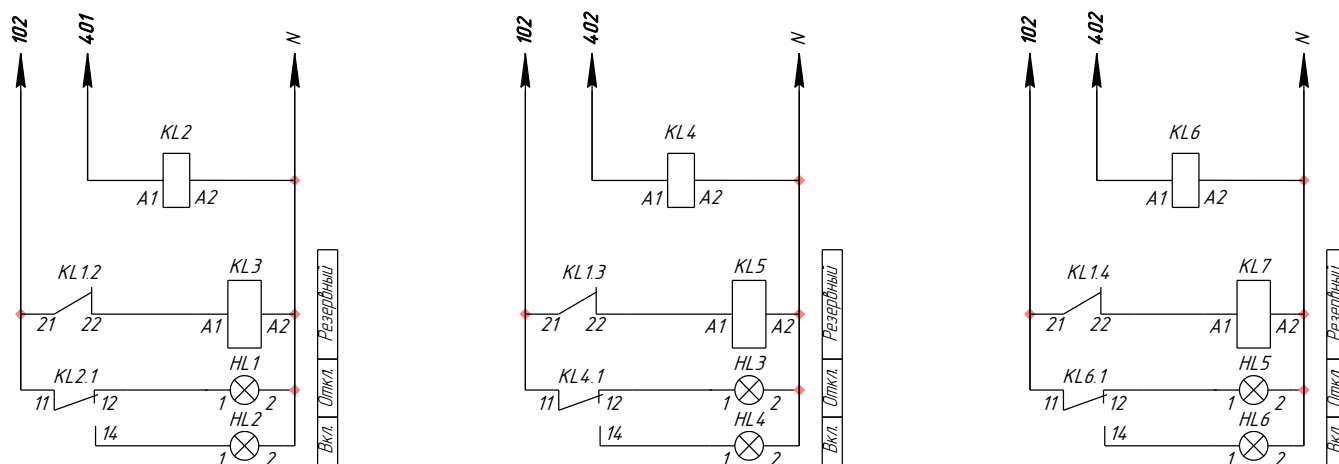


Рисунок 3.42 – Электрическая схема управления ПЛК

К тому же для информирования, что питание производится с резервного ввода, предусмотрено промежуточное реле KL1. Питание на 102 проводе подается постоянно. При работе с основного ввода питание идет через промежуточное реле KL1, и питание на 102 проходит через 101 провод. При отсутствии питания на 101 контакты KL1 возвращаются в основное положение, и питание на 102 приходит с провода резервного ввода 201.

На завершающем этапе разработана система управления, необходимая для создания визуализации шкафа автоматики, куда непосредственно будет устанавливаться электрооборудование для управления (рисунок 3.43). На заключающем этапе разработки необходимо произвести выбор электрооборудования. Выбор оборудования производят по двум факторам экономической целесообразности и техническим характеристикам оборудования [43, 44, 81, 165].





Рисунок 3.43 – Пример расположения электросветовой индикации и ручного управления на двери шкафа управления освещением в птичнике

Все оборудование подбиралось по износостойкости, стране производства, стоимости, функциональности.

Для размещения электрооборудования необходимо подобрать оболочку для размещения в ней. Для таких целей был подобран шкаф производства фирмы ИЕК. Шкаф выполнен со степенью защиты IP54, которая позволит установить его в среде с повышенной влажностью и увеличенным содержанием пыли. Также шкаф окрашен порошковой окраской, что делает его более защищенным в агрессивной химической среде.

В качестве ПЛК был выбран контроллер российской фирмы ОВЕН. ПЛК63 с литерой [M03], модификация которого позволила улучшить работу прибора в отрицательном диапазоне температур, улучшить пылевлагозащиту передней лицевой панели, повысить эргономику и удобство управления прибором. Основными функциональными возможностями модифицированной версии являются: надежная среда программирования CodeSys, с дистрибутивом входит в комплект поставки, двухстрочный знакосинтезирующий дисплей, увеличение количества дискретных выходов путем подключения модуля ОВЕН MP1, встроенные интерфейсы RS-485, RS-232, встроенные часы реального времени, поддержка протоколов овен, modbus rtu, modbus ascii, gateway, бесплатная библиотека функциональных блоков – разработки овен: пид-регулятор с автонастройкой, блок управления 3-х позиционными задвижками [202].

### **3.10 Разработка системы автоматического регулирования уровня освещения в животноводческих помещениях**

Грамотное использование средств автоматизации в обеспечении благоприятных параметров микроклимата производственных процессов обеспечивает сокращение издержек и повышение качества продукции животноводства, и является основным фактором развития российского промышленного производства продукции животноводства. Функции автоматизированного контроля ими выполняют программно-технические комплексы. Используются аппаратно-программными средствами, к которым относятся устройства измерения, контроля объединенные в единую сеть управления за счет специализированного программного обеспечения. Для написания программ ПЛК применяют стандартный язык контактно-релейной логики или функциональных схем [283, 291, 294, 296, 299]. Интеллектуальное реле выполняет определенную часть функций первичной обработки входной информации, диагностики его состояния, реализации стандартных функций управления и других преобразований, разгрузки основного процессора ПЛК.

#### *Разработка системы автоматического регулирования освещенности в коровнике с учетом естественного освещения*

Светоклиматические условия Приволжского Федерального округа, обусловлены длительным зимним периодом, особенностью которого является короткий световой день с недостаточной освещенностью. Анализ времени восхода и захода солнца по месяцам на широте Удмуртской Республики показал, что самый длинный световой день для региона составил порядка 18 часов в летний месяц (июль), в то время как в зимний период (январь) этот показатель составляет не более 6 ч. В работе определено, что в животноводческих помещениях применяться система освещения, с несколькими видами: 1) все светильники работают при 100 % нагрузке, 2) частичное освещение используемое в дневное и вечернее время, когда уровня

естественной освещенности недостаточно из-за погодных условий или периода времени суток (рисунок 3.44).

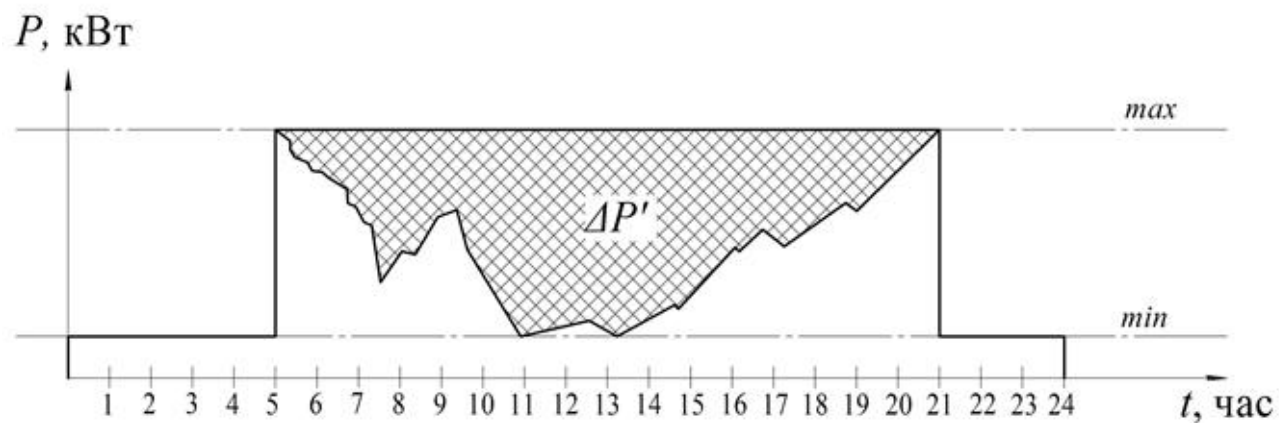
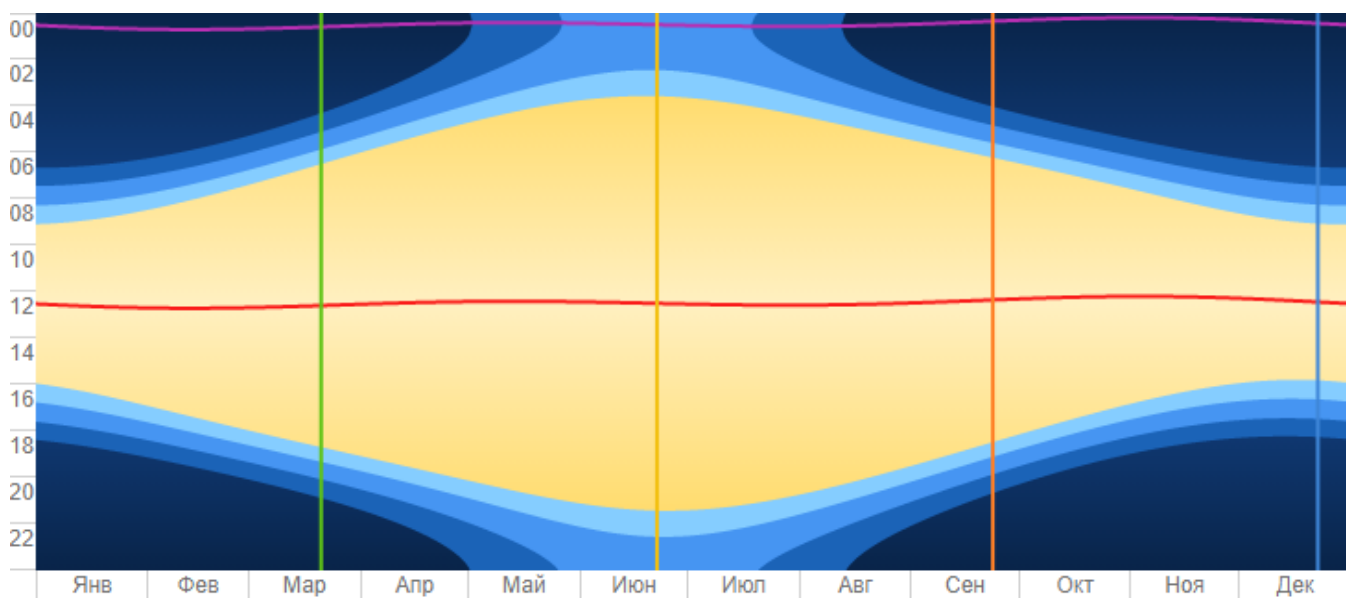


Рисунок 3.44 – Суточный график потребления электроэнергии в зависимости от работы программы

На рисунке 3.45 представлен график продолжительности светового дня в условиях Удмуртской Республики [123].



■ – день; ■ – ночь; — – зенит; — – надир.

Рисунок 3.45 – График продолжительности светового дня на широте Удмуртской Республики

Согласно графику видно, что в республике продолжительность светового дня зимой значительно отличалась от лета. В январе она достигала всего лишь 7 ч, ежедневно плавно увеличиваясь и составляя к июню около 17 ч, затем вновь сокращаясь с каждым днем.

Уровень освещенности в помещении может меняться в зависимости от поступающего солнечного света через световые козырьки и оконные проемы [137, 185, 200, 232, 264, 265].

Поэтому для обеспечения нормированного качественного освещения с учетом естественного в помещениях для крупного рогатого скота разработаны алгоритм и программа на языке программирования C++ (рисунки 3.46, 3.47), применение которых совместно со ступенчатым программным управлением в зависимости от продолжительности и периодичности светового дня позволит снизить потребление электроэнергии до 22 %.

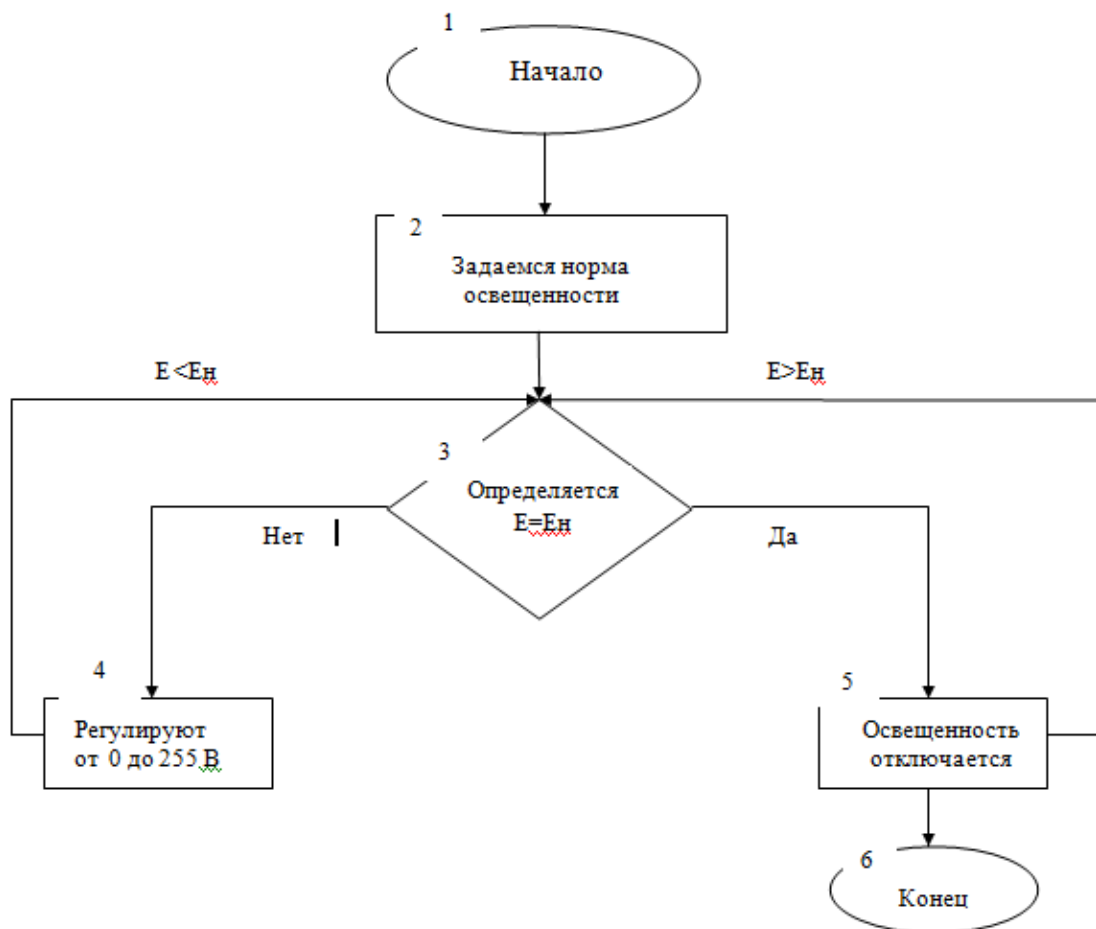


Рисунок 3.46 – Алгоритм работы программы с учетом естественного освещенности

```

const uint8_t pinDatL = A3;
const uint8_t pinPowerKey = 3;

const int minL = 50;
const int maxL = 920;

void setup()
{
  pinMode(pinPowerKey, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if (analogRead(pinDatL) > maxL) {analogWrite(pinPowerKey, 0);}
  else
  {analogWrite(pinPowerKey, map(analogRead(pinDatL), minL, maxL, 255, 0));}
  if (analogRead(pinDatL) < minL) {analogWrite(pinPowerKey, 255);}
}

```

Рисунок 3.47 – Код работы программы регулирования освещенности в зависимости от естественной освещенности

Для подключения модулей силового ключа, потенциометра, датчика освещенности применяется плата расширения Trema Set Shield, плата расширения, которая упрощает процесс подключения модулей. Плата позволяет подключать устройства без проводов. Усиленные разъемы, предназначенные для установки Trema модулей, обладают увеличенным сроком службы и обеспечивают надежное электрическое соединение контактов. Питание схемы производится от сети 220 В через преобразователь HLK-PM 01 с выходными параметрами источника питания на 5В, 1А.

Наличие датчиков освещенности в схеме позволяет регулировать уровень освещенности в зависимости от уровня естественного освещения. Наличие подключения силового ключа, а именно регулирование входа и выхода тока обозначается командой задаются минимальные и максимальные показатели освещенности в помещении командой подачи тока из силового ключа в светильник. Плата расширения Trema Set Shield считывает показания датчика освещенности Trema-модуль. Если показания с датчика больше максимальной границы, силовой ключ выключается. Если показания датчика освещенности находится в интервале от минимального до максимального значения предложенных нормированных значений освещенности, определяются показания датчика освещенности и отправляются его значения силовому ключу

в интервале от 255 до 0, обеспечивая регулирование значения освещенности. Если показания с датчика освещенности снижается до минимальной границы, то подается 100 % напряжение на силовой ключ, тем самым поддерживается уровень освещенности в пределах нормы.

Применение предложенной системы освещения позволит экономить ресурсы электроэнергии до 20 % в зависимости от количества естественной инсоляции в течение года.

### **3.11 Выводы по главе**

1. Применение разработанных осветительных установок со светодиодами позволит обеспечить максимальную равномерность освещения горизонтальной площади помещения и обеспечить нормированную освещенность при минимальном световом потоке за счет создания специальной формы кривой силы света в поперечной плоскости. Новизна устройств защищена патентами на полезную модель № 132859, 159705, 157781, 203834.

2. Разработана конструкция светодиодного светильника для освещения кормушек, расположенных вдоль кормового прохода животноводческих помещений, который позволяет обеспечить норму освещенности, а также обеспечить нормируемый коэффициент неравномерности освещения продольных зоне рабочей поверхности, которые находятся между соседними светодиодными светильниками № 157781, 203834.

Для расчета конструктивных параметров осветительных установок со светодиодами разработана программа. Новизна устройств защищена свидетельствами о регистрации программы ЭВМ № 2015617923, 2022669550.

3. Предложена конструкция светодиодного осветительного прибора для освещения больших территорий выгульных площадок животноводческих предприятий, который обеспечивает повышение КПД светодиодного осветительного прибора за счет использования термопары, преобразующей тепловую энергию, выделяемую в плате, в электрическую энергию. Новизна устройства защищена патентом на полезную модель № 191976.

4. Регулирование параметров микроклимата, а именно поддержание и регулирование нормативных значений освещенности в животноводческих помещениях возможно за счет разработанных и предложенных алгоритмов и программ управления системами освещения. Новизна защищена свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ № 2016617931, 2021619490, 2021660526, 2024616800.

Предложенные технические решения систем освещения и программное обеспечение регулирования систем освещения позволят повысить качество продукции животноводства, а также снизить количество потребляемой электроэнергии до 22 %.

## **4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

### **4.1 Результаты лабораторных исследований параметров осветительных приборов на основе светодиодов**

Экспериментальные исследования проведены в лабораторных условиях на базе ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ. Согласно предложенной конструкции в главах 2, 3 изготовлены опытные образцы светодиодного осветительного прибора, внешний вид которых представлен на рисунках 4.1, 4.2.

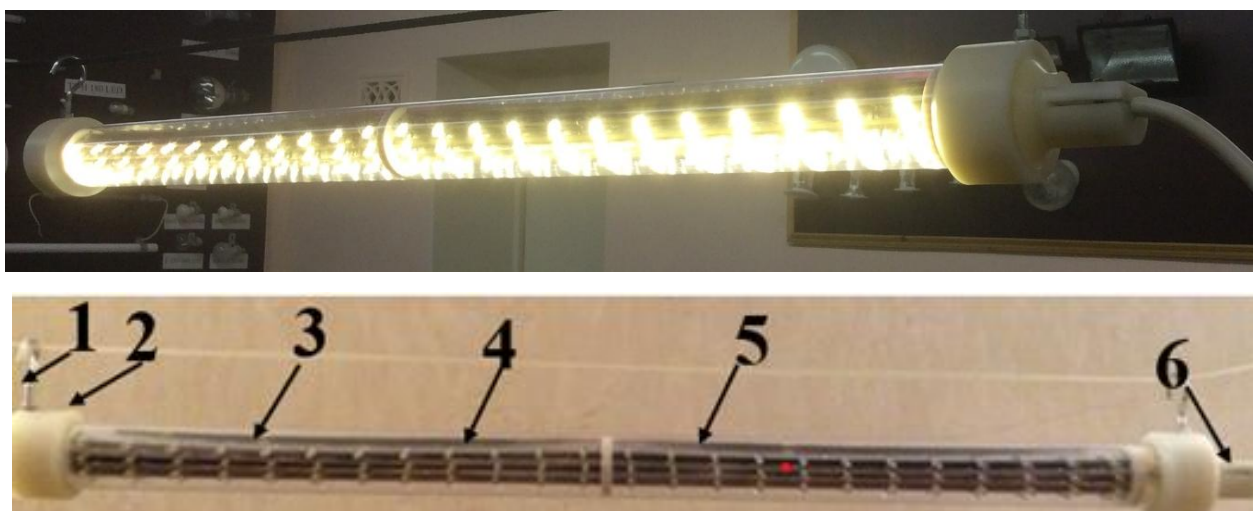


Рисунок 4.1 – Внешний вид разработанного опытного образца  
осветительного прибора:

1 – подвесной рым-болт; 2 – торцевая крышка; 3 – светодиоды; 4 – двухсторонние платы;  
5 – светопропускающая трубчатая колба; 6 – питание осветительного прибора

Экспериментальные исследования по измерению уровня освещенности от опытного образца проведены с целью проверки адекватности применимости предложенной математической модели (глава 2). Разработанный образец имел следующие параметры: длина 600 мм, число светодиодных линеек 7, расстояние между светодиодами на одной линейке 25 мм, угол между линейками  $15^\circ$ .



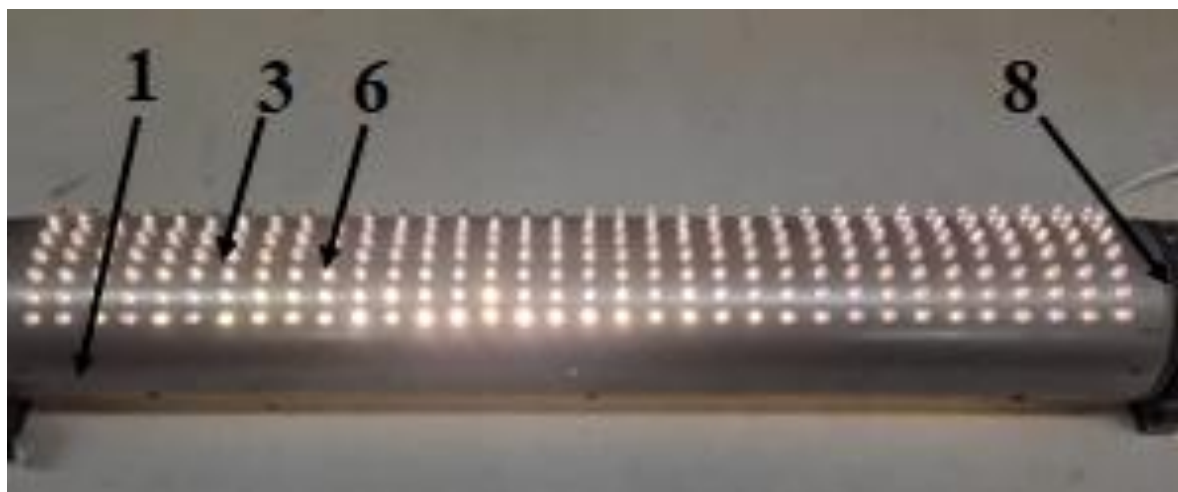


Рисунок 4.2 – Внешний вид светодиодного светильника:

1 – основание; 2 – оптически прозрачная крышка (в опытном образце не выполнено);  
3 – профиль; 4 – теплопроводящие ребра (не показаны); 5 – монтажные платы (не показаны);  
6 – светодиоды; 7 – блок питания (не показан); 8 – торцевая крышка

В светильнике использовались узконаправленные круглосимметричные светодиоды марки FYL – 3014WWC/S (тепло-белый спектр 3500 K) со следующими паспортными данными: осевая сила света  $I_0 = 15$  кд и угол излучения светодиода  $\alpha_0 = 30^\circ$ . Измерения по выборке из 20 светодиодов, осевой силы света  $I_0$  и угла излучения  $\alpha_0$  дали следующие результаты:  $I_0 = (14,9 \pm 0,6)$  кд,  $\alpha_0 = (29,4^\circ \pm 1,5)^\circ$ : – источника питания:



Программируемые источники питания с  
выходной мощностью от 80 до 200 Вт  
-Низкий уровень шумов  
-Высокая стабильность  
- GPIB интерфейсная шина

-RS-232  
-Функция сохранения  
параметров настройки  
-Защита от перенапряжения  
-Питание (47 Гц...63 Гц)  
-100 В AC  $\pm 10\%$

Рисунок 4.3 – Источник питания «Agilent» E3634A



| Характеристика                            | Значение                                             |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Диапазон измерений освещенности           | 10-200000 лк                                         |
| Диапазон измерений коэффициента пульсации | 1-100 %                                              |
| Допускаемая относительная погрешность     | 8 %                                                  |
| Время работы без замены элементов питания | 300 часов                                            |
| Питание                                   | батарея типа "Крона" (потребляемая мощность 0,02 Вт) |
| Масса                                     | 350 г без элементов питания                          |

Рисунок 4.4 – Люксметр-пульсметр Аргус-07 и его характеристики

Исследования освещенности от высоты подвеса от одного осветительного прибора проведены на рисунке 4.5.

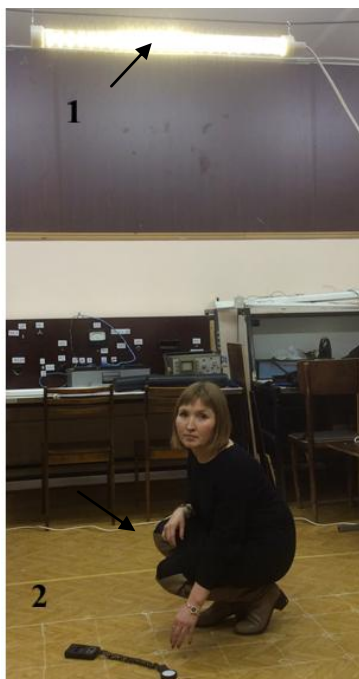


Рисунок 4.6 – Проведение эксперимента на конструкции лабораторного стенда над сеткой при различной высоте подвеса: 1 – экспериментальный опытный образец осветительного прибора на основе светодиодов; 2 – Люксметр Аргус-07; 3 – экспериментальная площадка с точками замера

Результаты проведенных экспериментальных испытаний экспериментальных образцов (приложение Б), приведены на рисунке 4.7.

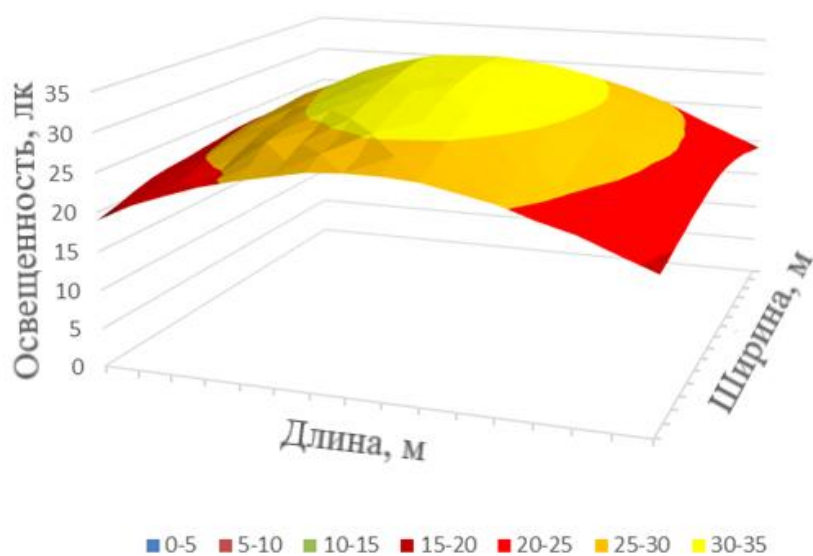


Рисунок 4.7 – Распределение освещенности, от разработанного светильника

Анализ результатов измерений уровня освещенности, полученных опытным образцом осветительного прибора при поперечном направлении, выявил, что разброс измеренных значений (среднеквадратичное значение) по сравнению с расчетными не выходит за пределы паспортной погрешности люксметра (8 %) с надежностью 95 %.

### *Результаты испытаний изготовленных осветительных приборов*

Для проверки адекватности разработанной математической модели и был изготовлен второй экземпляр опытного образца светильника с возможностью применения светильников в птицеводческих предприятиях. Светильники крепились на рамке на  $H=2,80$  м над сеткой (рисунок 4.60) параллельно и последовательно относительно друг друга (рисунки 4.10 – 4.17). Итоги опытных экспериментальных исследований и результаты теоретических значений уровня освещенности (приложение Б, таблицы Б 3 Б 8), создаваемой 2 опытными образцами, получены при изменении  $L$  и  $w$  над рабочей плоскости размерами 3 м х 3 м.

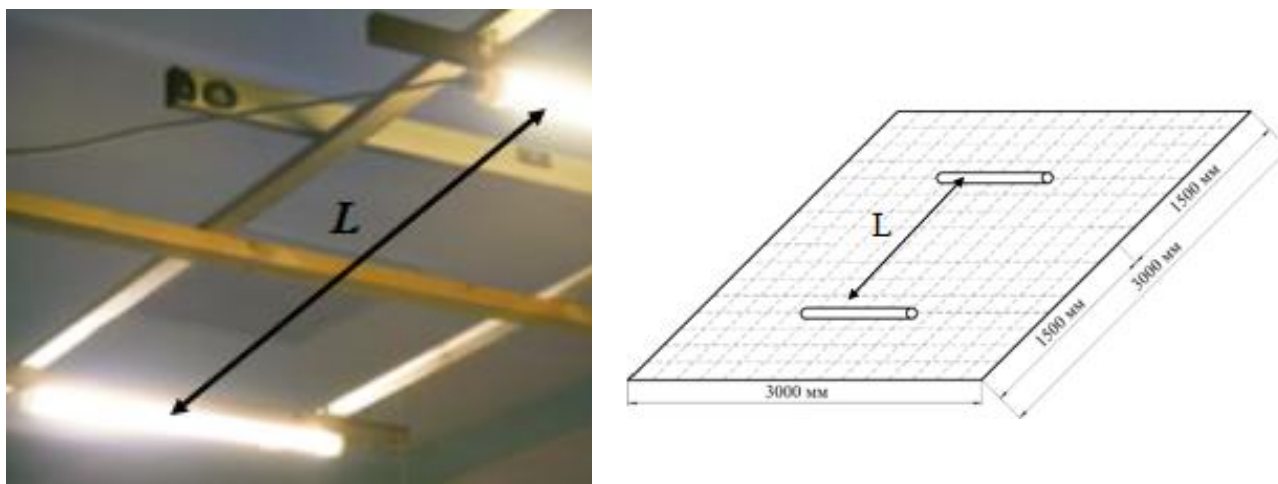


Рисунок 4.10 – Проведение экспериментов при параллельном расположении светильников

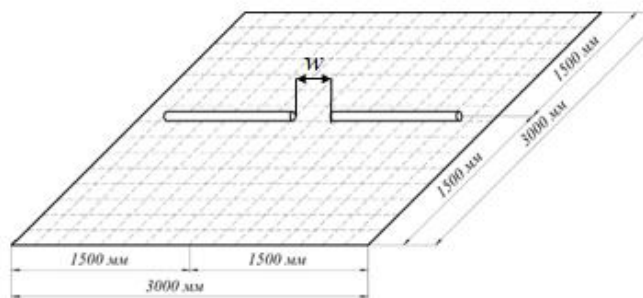
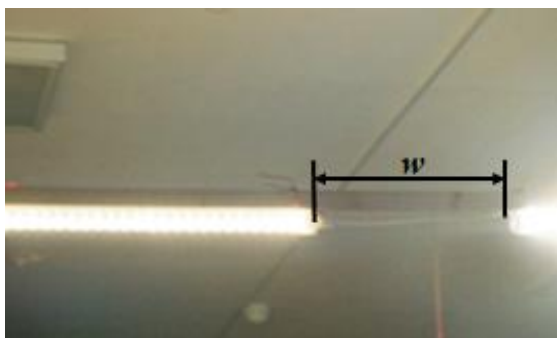


Рисунок 4.11 – Проведение экспериментов при последовательном расположении осветительных приборов

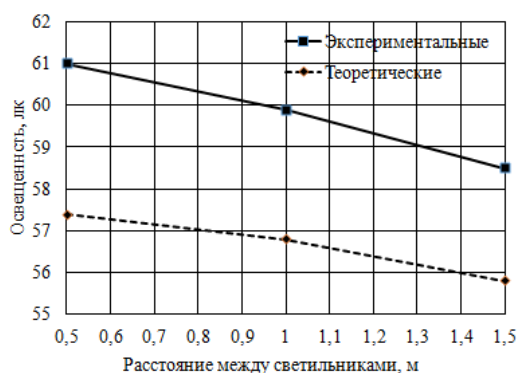


Рисунок 4.12 – Зависимость освещенности от  $L$  при параллельном размещении светильников

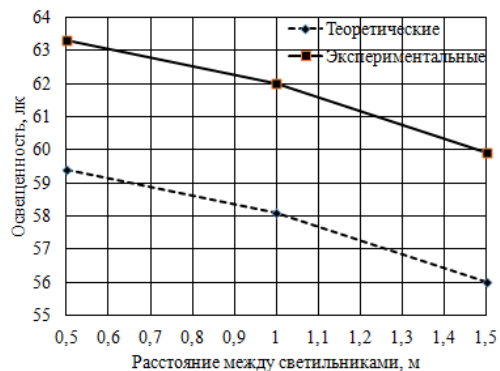


Рисунок 4.13 – Зависимость освещенности от  $w$  при последовательном размещении светильников

При параллельном и последовательном размещении светильников расстояние между ними варьировалось:  $L = 0,5$  м;  $L = 1$  м;  $L = 0,5-1,5$  м;  $w = 0,5-1,5$  м (рисунки 4.14, 4.15).

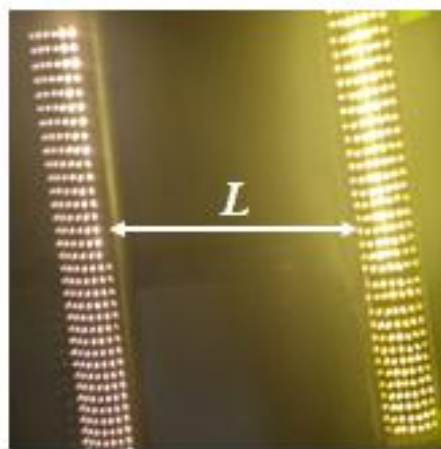


Рисунок 4.14 – Измерение освещенности при параллельном расположении светильников



Рисунок 4.15 – Измерение освещенности при последовательном расположении светильников

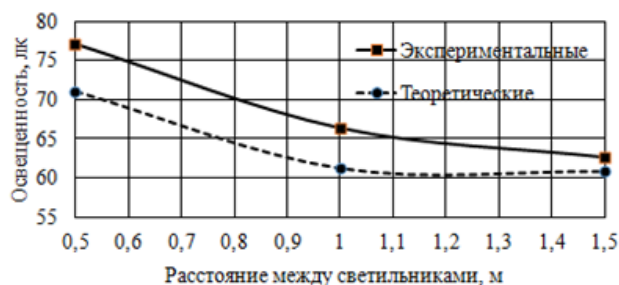


Рисунок 4.16 – Зависимость освещенности от  $L$  при параллельном размещении светильников

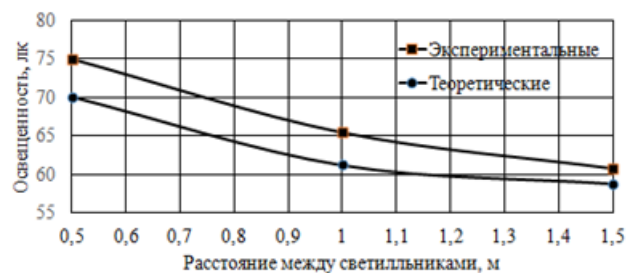


Рисунок 4.17 – Зависимость освещенности от  $w$  при последовательном размещении светильников

Обработка результатов измерений освещенности, создаваемой опытным образцом светильника в поперечном направлении, показала, что стандартное (среднеквадратичное) отклонение измеренных значений освещенности от расчетных с надежностью 95 % не превышает паспортную погрешность люксметра на 6 %, что подтверждают применимость предложенной математической модели и ее программной реализации.

## 4.2 Методика экспериментальных исследований освещенности для животноводческих предприятий

На основе полученных теоретических данных, патентов на полезную модель РФ № 157781, 203834 [178, 179] был разработан и изготовлен экспериментальный образец светодиодного светильника (для освещения коровников и свинарников) с возможностью регулирования угла скоса мощностью 10 Вт. В рамках исследований определяли освещенность при обеспечении минимального коэффициента неравноности освещении и максимального расстояния между осветительными приборами со светодиодами.

Осветительный прибор изготовлен форме полуцилиндра, на наружной стороне которого установлены линейки светодиодов, концевые части продольной стороны профиля соединены профилем имеющий функцией



поворота и регулирования угла скоса. Структурно экспериментальный стенд с оборудованием представлен на рисунке 4.18.

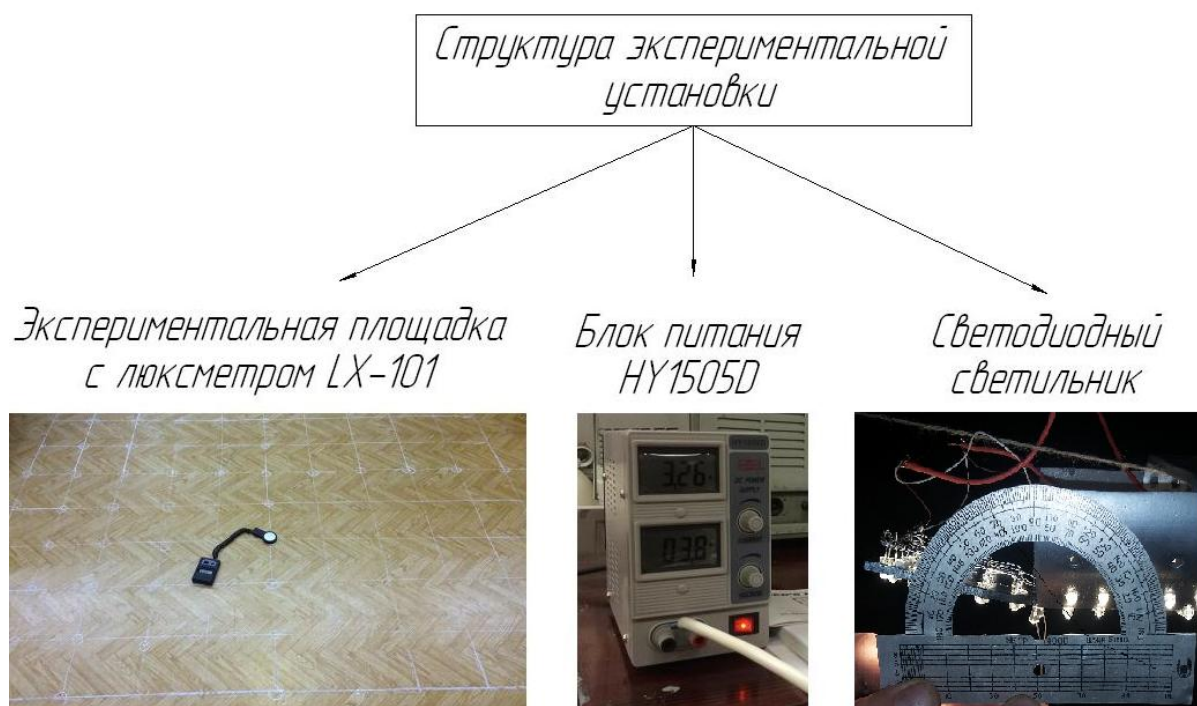


Рисунок 4.18 – Структура экспериментального стенда

Задачей разработанной светодиодной осветительной установки является повышение степени равномерности и уровня освещенности продольных горизонтальных зон рабочей поверхности, между светодиодными светильниками расположенными продольно друг другу. Для определения коэффициента неравномерности освещения выбран метод непосредственной оценки, при котором данная величина (освещенность) определяется по отсчетному устройству прибора [147, 158, 231]. Для этого метода основным источником погрешностей результата является используемое средство измерения, поэтому предел измерения приборов выбирался так, чтобы измеряемая величина находилась во второй половине шкалы. Предварительная оценка возможной погрешности измерения освещенности показала, что суммарная погрешность результата измерения выбранными приборами не превышает  $\pm 2,5\%$  номинального значения измеряемого параметра.

Разработанный экспериментальный стенд состоял:

- источник питания NY1505D с диапазоном варьирования напряжения 0~18 В, с точностью настройки 0,1 В. Максимальный выходной ток составляет от 0 до 3 А, с точностью измерений 0,01 А. А уровень пульсаций не превышает 0,5 мВ, нагрузка  $\leq 0,01 \% \pm 3 \text{ мВ}$ . Отклонение напряжения не превышает 0,01 %  $\pm 2 \text{ мВ}$ . Устройство поддерживает режимы стабилизации тока и напряжения, а так же защиту от короткого замыкания. Питание осуществляется от сети 110/220 В с допустимым питанием напряжения  $\pm 10 \%$ .

-экспериментальная площадка с люксметром LX – 101. Характеристики люксметра приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика люксметра

| Параметр              | Значение                                        |
|-----------------------|-------------------------------------------------|
| Дисплей               | 13 мм (0,5") LCD 3 1/2 разряда                  |
| Предел измерения      | 0-50000 лк, 3 диапазона                         |
| Погрешность измерения | $\pm (5 \% + 2 \text{ д})$                      |
| Превышение диапазона  | Отображается «1»                                |
| Частота измерений     | 0,4 сек                                         |
| Рабочая температура   | 0–50 С                                          |
| Влажность             | до 80 %                                         |
| Источник питания      | Батарея 9 В                                     |
| Ток потребления       | 2 мА                                            |
| Габаритные размеры    | Прибор: 108 x 73 x 23 мм Сенсор: 82 x 55 x 7 мм |
| Масса прибора         | 160 г (с батареей)                              |

- изготовленного и разработанного светодиодного светильника с основными геометрическими параметрами: длина 120 мм, 7 светодиодных линеек, расстояние между светодиодами на одной линейке 10 мм; угол между линейками 15°; вес установки – 0,5 кг.

- транспорта для измерения угла скоса.

В установке светодиодного осветительного прибора использовались узконаправленные излучающие маломощные светодиоды марки FYL3014WWC/S. Маломощные светодиоды обладают рядом преимуществ: небольшие размеры, экономичность, прочность, многообразие оптики, устойчивость к воде, устойчивость к вибрации, малый нагрев, а значит им не требуется дополнительное охлаждение [213, 214, 215, 216, 217].

Помещение лаборатории, где выполнялись измерения, характеризуется значениями влияющих величин: окружающая температура  $18 - 22^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха  $50 - 80\%$ , атмосферное давление  $96 - 104$  кПа ( $720 - 780$  мм рт. ст.), напряжение питающей сети  $216 - 224$  В, частота  $49 - 51$  Гц, что соответствует нормальным условиям эксплуатации используемых измерительных приборов.

Светильники крепились над разлинованной координатной сеткой на рабочей площади размерами  $2 \times 2$  м с шагом измерения  $0,2$  м (рисунки 4.19, 4.20, 4.21). Изменялась высота подвеса светильника,  $\alpha_1$  ( $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ),  $L$  равное ( $0,5$  м,  $0,6$  м,  $0,8$  м,  $1$  м,  $1,2$  м). Измерения контрольных точек проведены с пятикратной повторностью. Регистрировали среднюю освещенность, которая принималась за исходную.

С учетом требований к скорости получения измерительной информации, в качестве метода регистрации результата измерения выбрана запись в журнал с показывающего прибора, так как в данном случае к скорости получения информации не предъявляются особые требования.

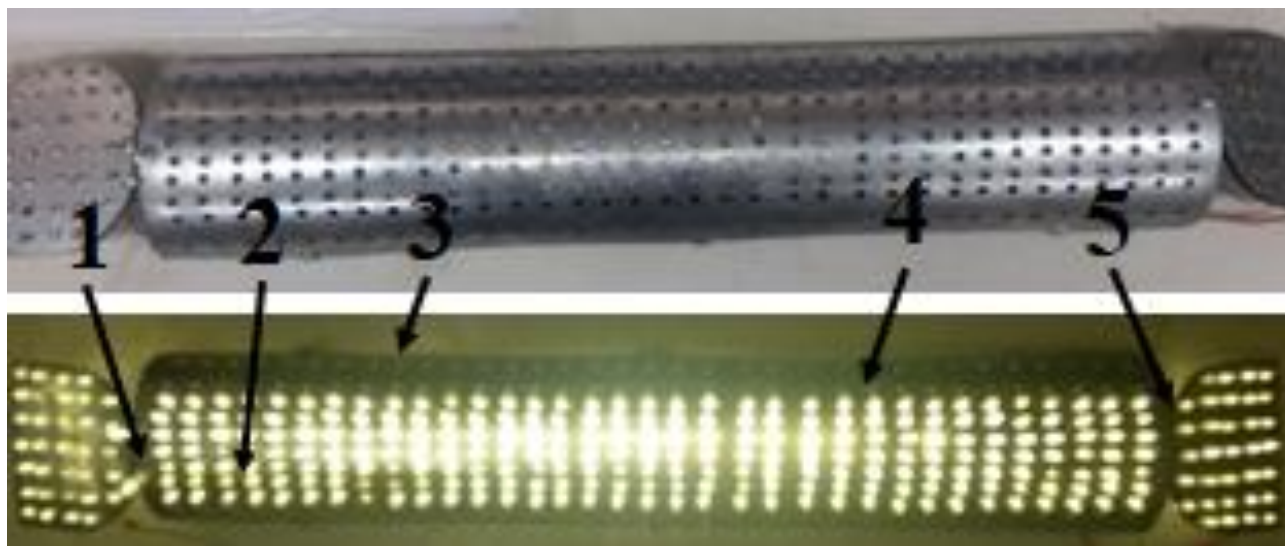


Рисунок 4.19 – Внешний вид осветительного прибора на основе светодиодов во включенном и выключенном состоянии: 1 – шарнир; 2 – светодиод; 3 – основание; 4 – профиль в форме полуцилиндра; 5 – угол скоса

Измерения проводились при включенном и выключенном состоянии осветительных приборов





Рисунок 4.20– Проведение эксперимента в лабораторных условиях

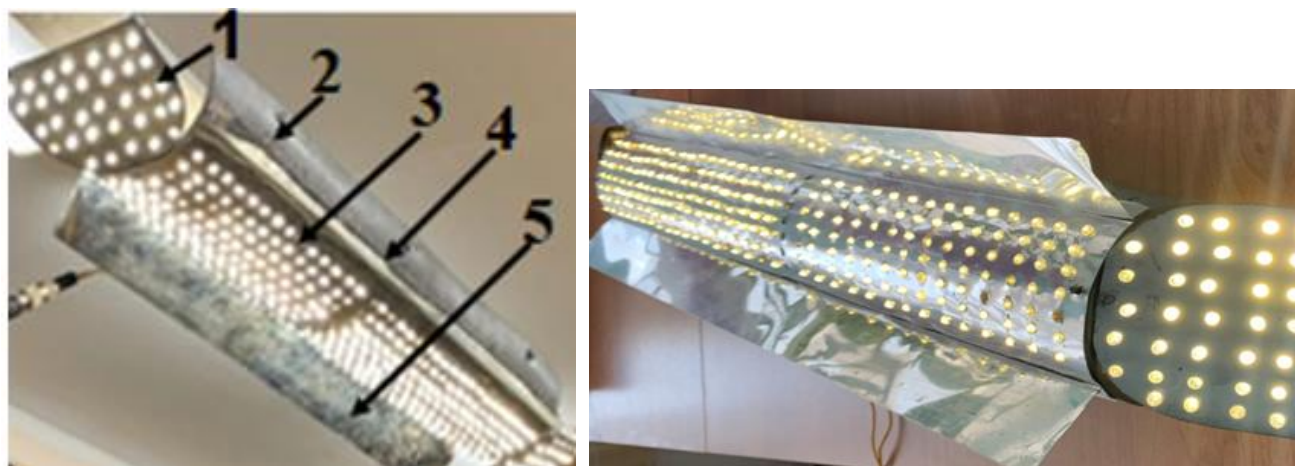


Рисунок 4.21 – Внешний вид осветительного прибора с отражателем и углом скоса: 1 – угол скоса; 2 – основание; 3 – светодиод; 4 – профиль в форме полуцилиндра; 5 – отражатель

Выбранный метод регистрации результата измерения имеет период дискретизации не менее 6 с. Применение ручной записи показаний приборов при этом приводит к дополнительной динамической погрешности результата измерения, которая в данном случае ориентировочно составляет  $\pm 0,1 \%$

предела измерения (для процесса длительностью 7 мин) или  $\pm 0,2$  % номинального значения измеряемой величины шкалы прибора (рисунок 4.22).

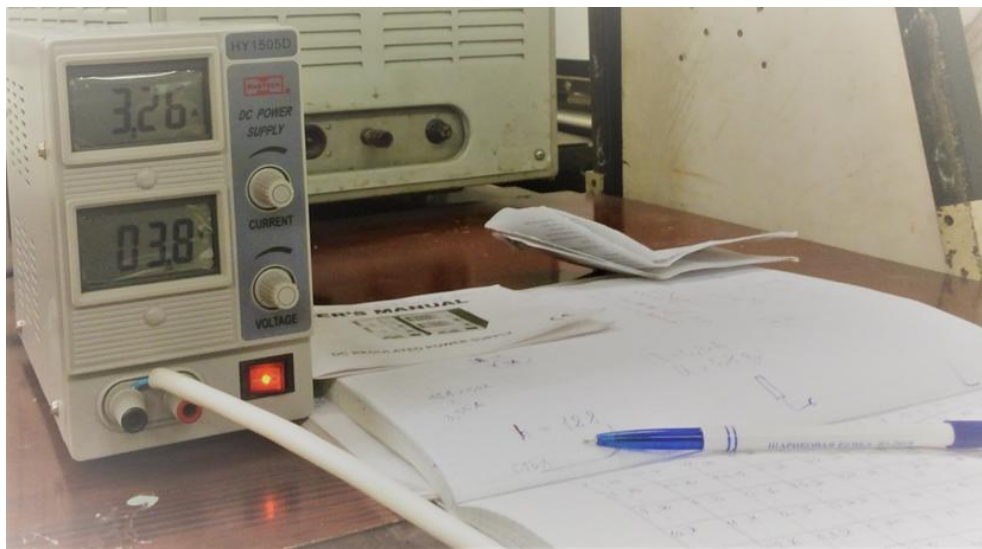


Рисунок 4.22 – Применение ручной записи результатов испытаний

Результаты комплексных испытаний светодиодного светильника при изменении угла скоса для освещения кормового стола коровников и свиарников представлены на рисунках 4.23.

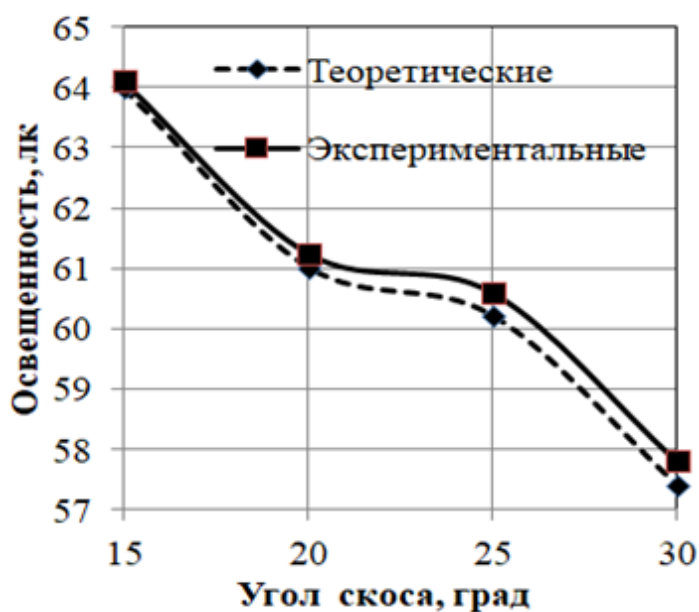


Рисунок 4.23 – Зависимость освещенности от углов скоса для одного осветительного прибора в горизонтальной продольной составляющей при высоте подвеса 2 м

Отклонение среднего экспериментального значения от теоретических данных составляет не более 5,2 %.

Экспериментальные исследования зависимости освещенности от высоты подвеса при различных углах скоса от двух светильников представлены (рисунках 4.24, 4.25).

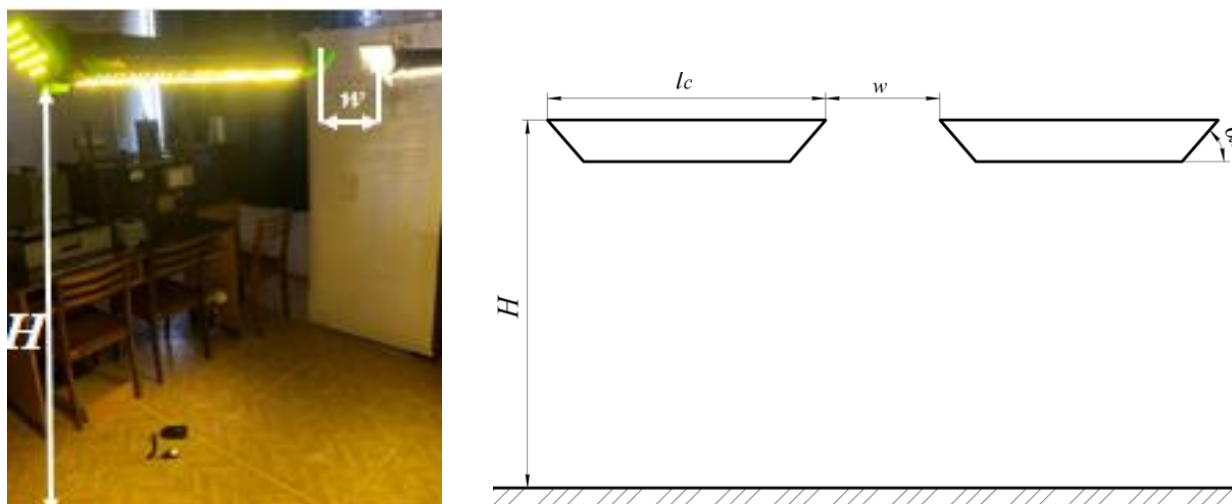


Рисунок 4.24 – Проведение эксперимента измерения освещенности при последовательном расположении светильников с  $\alpha_1$



Рисунок 4.25 – Проведение эксперимента измерения освещенности при последовательном расположении светильника с  $\alpha_1$  и отражателем

С целью уменьшения систематических погрешностей измерения: использовались приборы, прошедшие проверку; перед измерением приборы устанавливались в рабочее положение; стрелки приборов устанавливались на нулевые отметки шкал корректорами; искомая величина измерялась при подходе к заданной точке шкалы слева и справа, а результат измерения вычислялся как среднее арифметическое значение.

Достоверность результатов экспериментальных исследований была определена статистической обработкой результатов измерений согласно методике [158, 26, 88, 147]. Среднее арифметическое значение всех вариантов определяется:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} . \quad (4.1)$$

Дисперсия  $\delta^2$  определяется:

$$\delta^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} . \quad (4.2)$$

Среднее квадратичное отклонение определяется:

$$S = \sqrt{\delta^2} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} . \quad (4.3)$$

Коэффициент вариации определяется:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 . \quad (4.4)$$

Доверительный интервал случайной погрешности:

$$\Delta(\bar{X}) = t \cdot S , \quad (4.5)$$

где  $t$  – значение критерия Стьюдента.

Доверительный интервал для обычных измерений принимается равным  $P=0,95$ .

Ошибка коэффициента вариации:

$$m_V = \frac{V}{\sqrt{2 \cdot n}} . \quad (4.6)$$

Точность проведения опытов определить по формуле

$$p = \frac{V}{\sqrt{n}} . \quad (4.7)$$

При точности  $p \leq 5\%$  принято считать, что точность опытов является удовлетворительной.

Испытания проведенные с одним светодиодным осветительным прибором показали, что при углах скоса  $30^\circ$ ,  $25^\circ$  и  $20^\circ$  замечен наибольший коэффициент неравномерности освещения ( $z=1,89$  при  $\alpha_1 = 30^\circ$ ,  $z=1,38$  при  $\alpha_1 = 25^\circ$ ,  $z=1,28$  при  $\alpha_1 = 20^\circ$ ). Причиной является величина угла скоса – чем больше угол, тем больше коэффициент неравномерности освещения. Основные значения средней освещенности в зависимости от изменения  $\alpha_1$  показаны на рисунке 4.26.

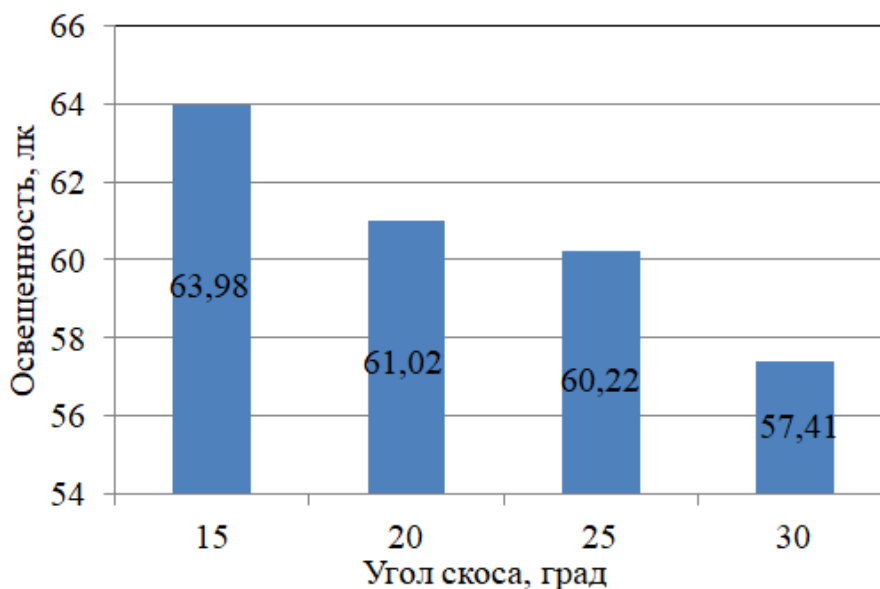


Рисунок 4.26 - Значение средней освещенности по поверхности в зависимости от  $\alpha_1$  для 1 осветительного прибора

Согласно технологии содержания животных светильники подвешивали на  $H=1,8$  м подвешены в ряд 2 светильника с  $\alpha_1 = 15^\circ$ , между светильниками изменялось  $w$ . Статистическая обработка экспериментальных значений проведена согласно общепринятой методике и представлена в виде графиков, численные значения представлены в таблице (рисунки 4.27 – 4.29, таблицы 4.2 – 4.6).

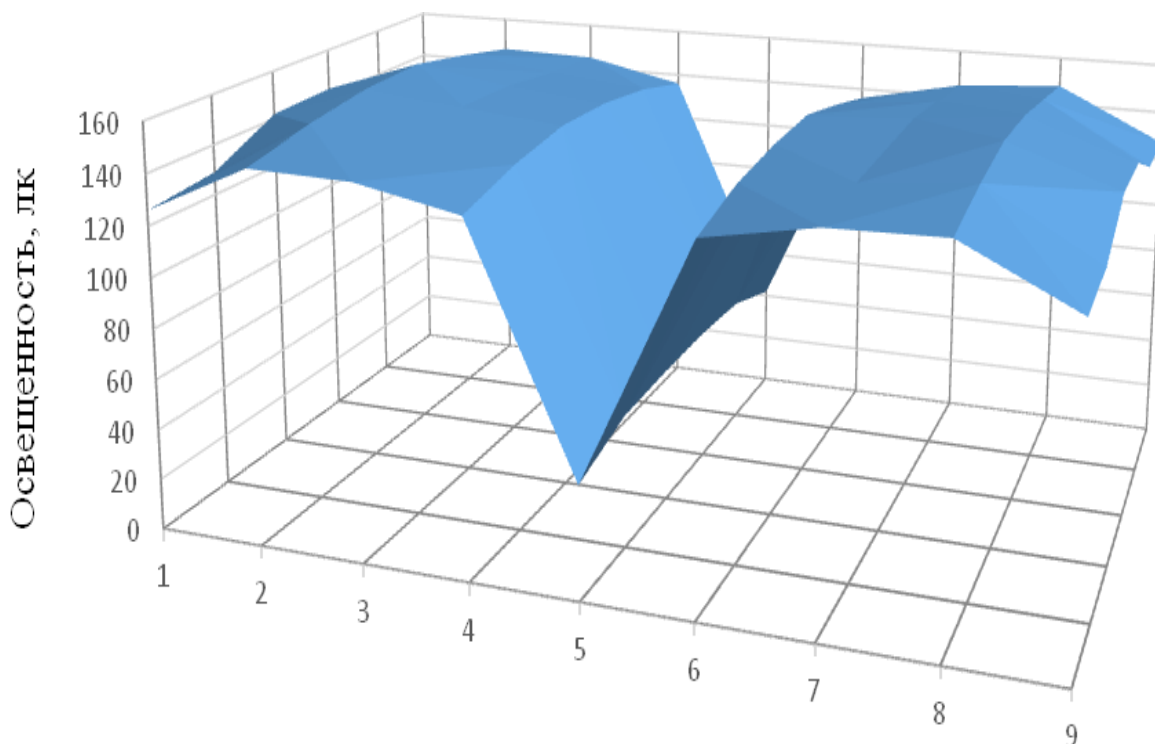


Рисунок 4.27 – Взаимосвязь уровня освещенности при высоте  $H = 1,8$  м,  $\alpha_1 = 15^\circ$  и расстоянии между светильниками 0,5 м

Таблица 4.2 – Результаты измерений при высоте  $H = 1,8$  м,  $\alpha_1 = 15^\circ$  и расстоянии между светильниками 0,5 м

| Оценка параметра                             | Под лампой №1 | Между лампами | Под лампой №2 |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Среднее арифметическое                       | 148,2         | 110           | 147,4         |
| Дисперсия $\delta^2$                         | 0,7           | 1             | 0,3           |
| Среднее квадратичное                         | 0,84          | 1             | 0,55          |
| Коэффициент вариации, %                      | 0,56          | 0,91          | 0,37          |
| Ошибка коэффициента вариации                 | 0,18          | 0,29          | 0,12          |
| Коэффициент Стьюдента при $\nu=5$ и $= 0,95$ | 2,77          | 2,77          | 2,77          |
| Доверительный интервал                       | 1,04          | 1,24          | 0,68          |
| Точность опытов                              | 0,25          | 0,41          | 0,17          |
| Относительная погрешность                    | 0,7           | 1,13          | 0,46          |



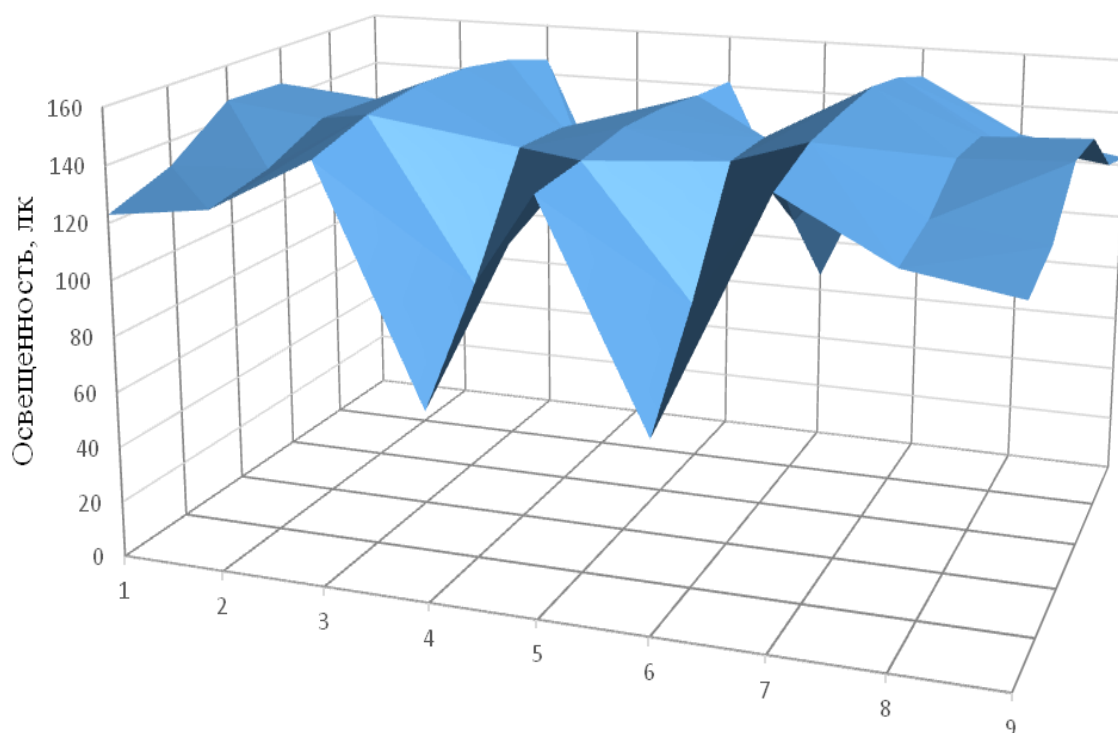


Рисунок 4.28 – Взаимосвязь уровня освещенности при высоте  $H = 1,8$  м и расстоянии между светильниками 0,61 м.

Таблица 4.3 – Результаты измерений при высоте  $H = 1,8$  м и расстоянии между светильниками 0,61 м

| Оценка параметра                               | Под лампой №1 | Между лампами | Под лампой №2 |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Среднее арифметическое                         | 150,4         | 148           | 152,2         |
| Дисперсия $\delta^2$                           | 0,8           | 1             | 0,7           |
| Среднее квадратичное                           | 0,89          | 1             | 0,84          |
| Коэффициент вариации, %                        | 0,59          | 0,68          | 0,55          |
| Ошибка коэффициента вариации                   | 0,19          | 0,21          | 0,17          |
| Коэффициент Стьюдента при $\nu=5$ и $P=0,95$   | 2,77          | 2,77          | 2,77          |
| Доверительный интервал (погрешность измерения) | 1,11          | 1,24          | 1,04          |
| Точность опытов                                | 0,27          | 0,30          | 0,25          |
| Относительная погрешность                      | 0,74          | 0,84          | 0,68          |

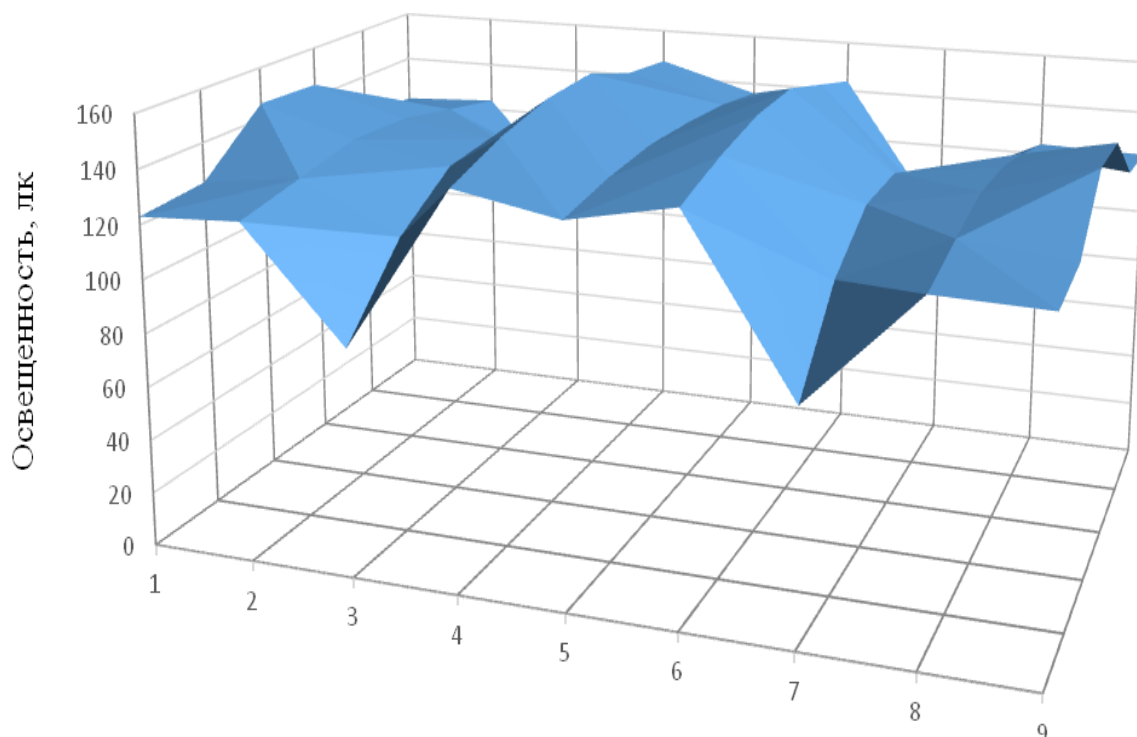


Рисунок 4.29 – Взаимосвязь уровня освещенности при высоте  $H = 1,8$  м  $\alpha_1 = 15^\circ$  и расстоянии между светильниками 0,61 м

Таблица 4.4 – Результаты измерений при высоте  $H = 1,8$  м и расстоянии между светильниками 0,61 м

| Оценка параметра                               | Под лампой №1 | Между лампами | Под лампой №2 |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Среднее арифметическое                         | 130           | 142           | 130,8         |
| Дисперсия $\delta^2$                           | 0,5           | 1             | 0,7           |
| Среднее квадратичное                           | 0,71          | 1,00          | 0,84          |
| Коэффициент вариации, %                        | 0,54          | 0,70          | 0,64          |
| Ошибка коэффициента вариации                   | 0,17          | 0,22          | 0,20          |
| Коэффициент Стьюдента при $v=5$ и $P=0,95$     | 2,77          | 3,77          | 4,77          |
| Доверительный интервал (погрешность измерения) | 0,88          | 1,69          | 1,79          |
| Точность опытов                                | 0,24          | 0,31          | 0,29          |
| Относительная погрешность                      | 0,67          | 1,19          | 1,36          |



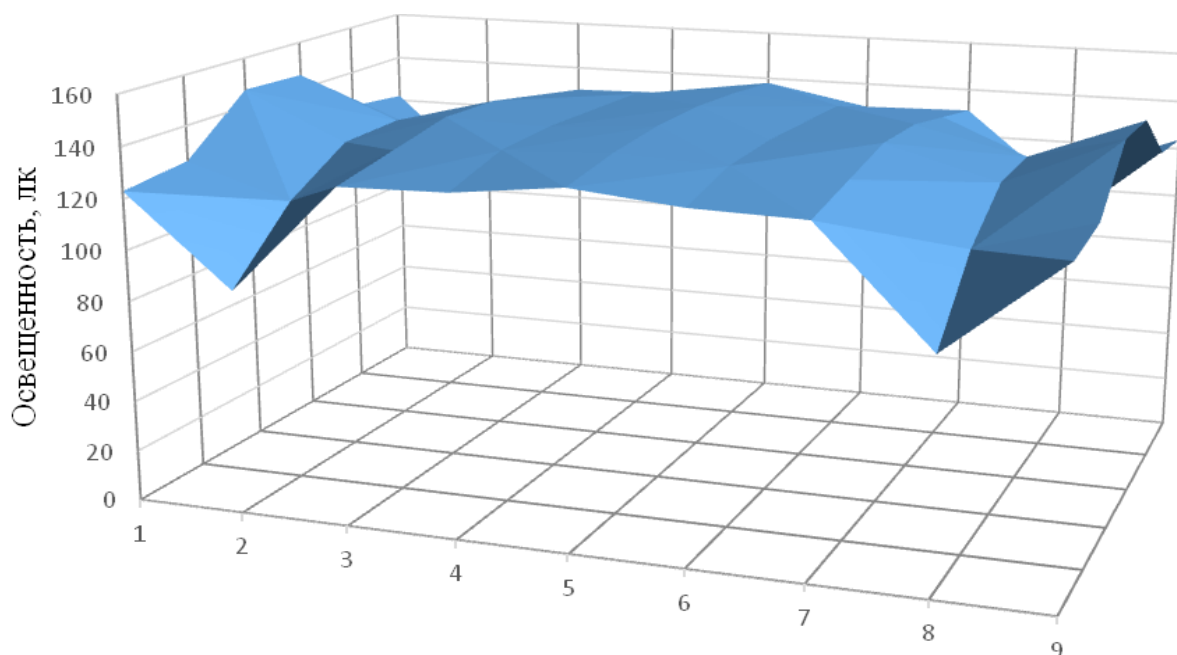


Рисунок 4.30 – Зависимость уровня освещенности при  $H=1,8$  м,

$\alpha_1 = 15^\circ$  расстоянии между светильниками 0,96 м

Таблица 4.5 – Результаты измерений при  $H=1,8$  м,

$\alpha_1 = 15^\circ$  расстоянии между светильниками 0,96 м

| Оценка параметра                               | Под лампой №1 | Между лампами | Под лампой №2 |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Среднее арифметическое                         | 133           | 143           | 135           |
| Дисперсия $\delta^2$                           | 1             | 3             | 1             |
| Среднее квадратичное                           | 1             | 1,73          | 1             |
| Коэффициент вариации, %                        | 0,75          | 1,21          | 0,74          |
| Ошибка коэффициента вариации                   | 0,24          | 0,38          | 0,23          |
| Коэффициент Стьюдента при $\nu=5$ и $P=0,95$   | 2,77          | 3,77          | 4,77          |
| Доверительный интервал (погрешность измерения) | 1,24          | 2,92          | 2,13          |
| Точность опытов                                | 0,34          | 0,54          | 0,33          |
| Относительная погрешность                      | 0,93          | 2,04          | 1,58          |

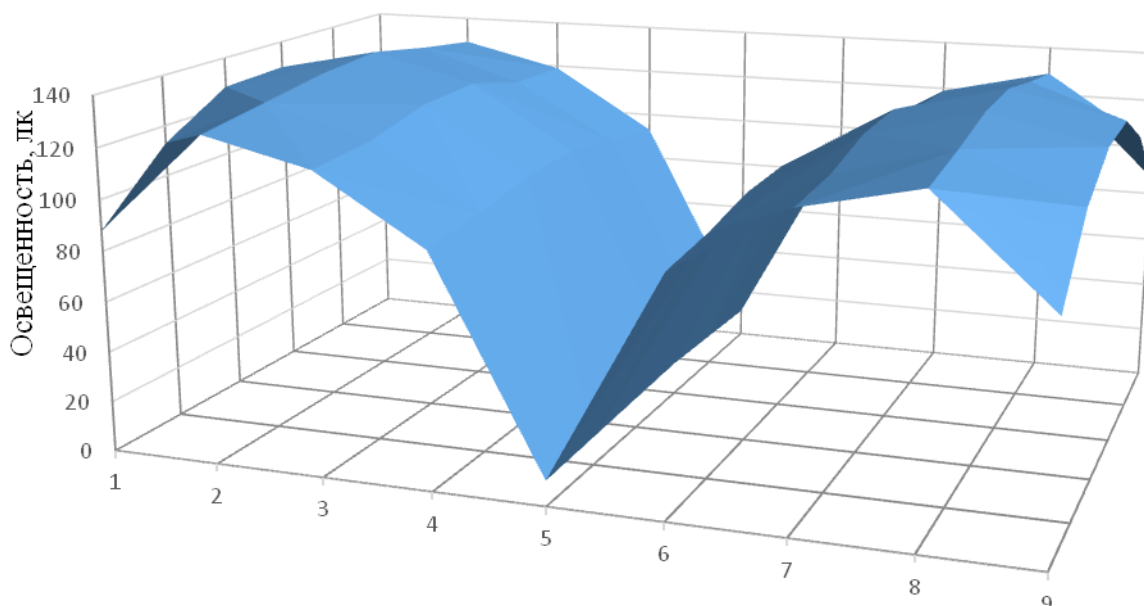


Рисунок 4.31 – Взаимосвязь уровня освещенности при  $H=1,8$  м,

$\alpha_1 = 15^\circ$  расстоянии между светильниками 1,2 м

Таблица 4.6 – Результаты измерений при расстоянии

$H=1,8$  м,  $\alpha_1 = 15^\circ$  расстоянии между светильниками 1,2 м

| Оценка параметра                               | Под лампой №1 | Между лампами | Под лампой №2 |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Среднее арифметическое                         | 132,8         | 130           | 132,6         |
| Дисперсия $\delta^2$                           | 0,7           | 0,5           | 0,3           |
| Среднее квадратичное                           | 0,84          | 0,71          | 0,55          |
| Коэффициент вариации, %                        | 0,63          | 5,44          | 0,41          |
| Ошибка коэффициента вариации                   | 0,20          | 1,72          | 0,13          |
| Коэффициент Стьюдента при $V=5$ и $P=0,95$     | 2,77          | 3,77          | 4,77          |
| Доверительный интервал (погрешность измерения) | 1,04          | 1,19          | 1,17          |
| Точность опытов                                | 0,28          | 2,43          | 0,18          |
| Относительная погрешность                      | 0,78          | 9,17          | 0,88          |

Экспериментальные исследования показали (рисунки 4.27–4.31), что при  $L=0,5$  м.  $E_{cp}=133,2$  лк между 2 осветительными приборами освещенность составила 156 лк (рисунок 4.27) При  $L=0,61$  м (рисунок 4.28) освещенность снизилась и составила  $E_{cp}=132,48$  лк. При  $L=0,81$  м (рисунок 4.29) средняя

освещенность снизилась до 131,29 лк. Согласно рисунку 4.30 определили, что при расстоянии между светильниками  $L=0,96$  м величина освещенности составила  $E_{\text{ср}}=133,2$  лк.

График средней освещенности от изменения расстояния между светильниками при  $\alpha_1 = 15^\circ$  (приложение 4) представлен на рисунках 4.32-4.33, анализ показал, что при увеличении расстояния между осветительными приборами со светодиодами средняя освещенность снизилась.

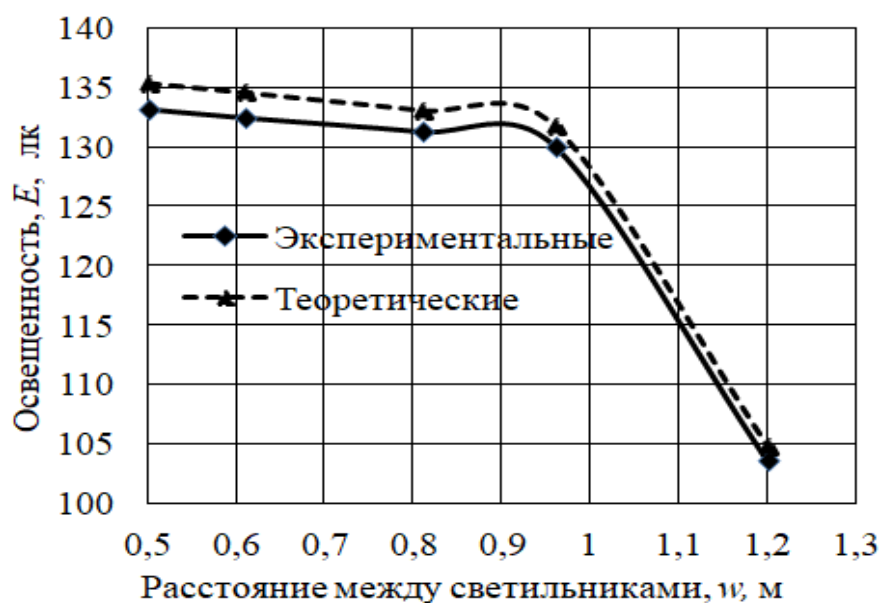


Рисунок 4.32 – График освещенности от расстояния при  $\alpha_1 = 15^\circ$

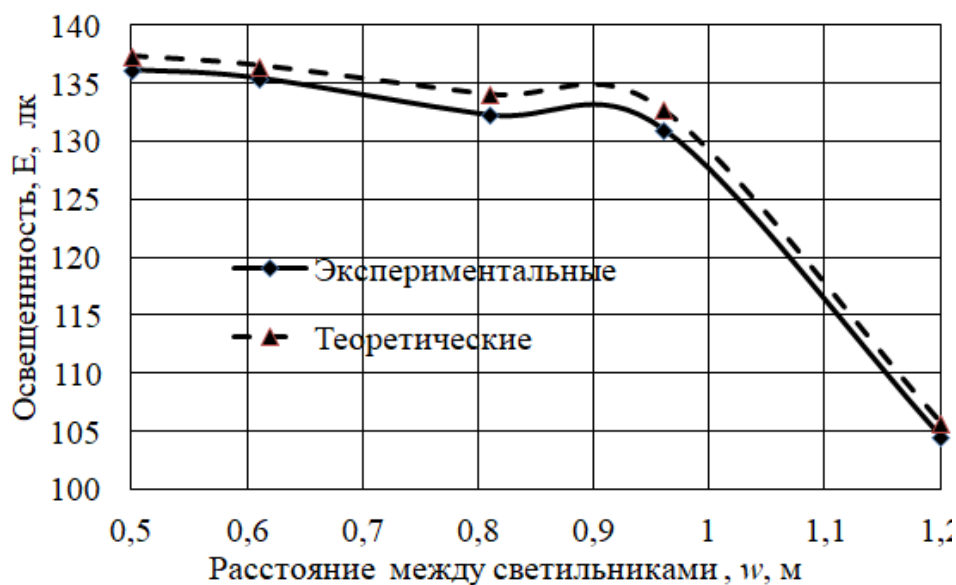


Рисунок 4.33 – График освещенности от расстояния при  $\alpha_1 = 15^\circ$  с отражателем

Результаты расчетов коэффициента неравномерности освещенности представлены на рисунках 4.34, 4.35.

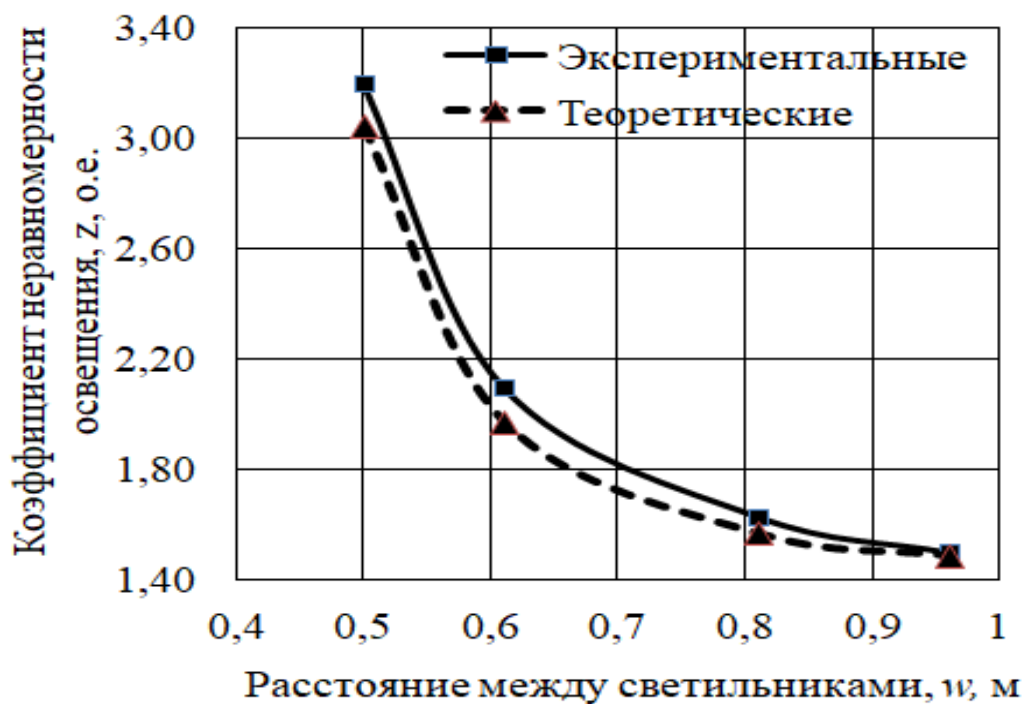


Рисунок 4.34 – Зависимость неравномерности от расстояния при  $\alpha_1 = 15^\circ$

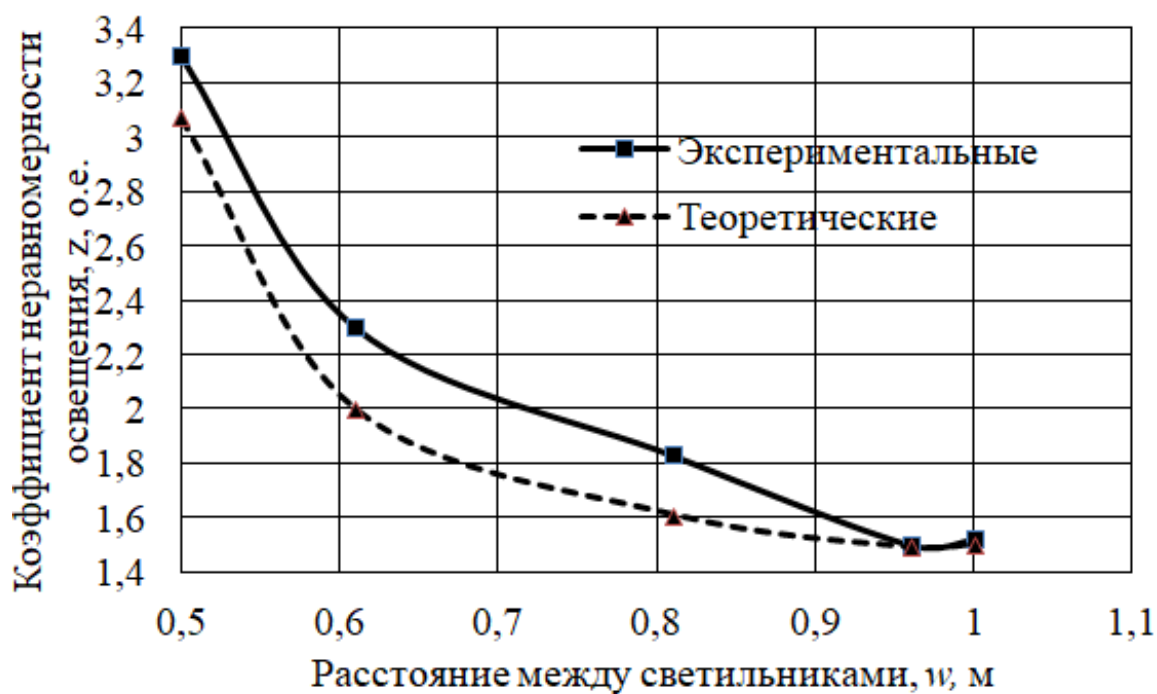


Рисунок 4.35 – Зависимость коэффициента неравномерности освещения от расстояния между светильниками

Результаты теоретических расчетов показали, что коэффициент неравномерности равен  $z=1,49$ , а уровень освещенности при увеличении расстояния между светильниками составил  $L=0,96$  м. При этом отклонение экспериментальных и теоретических данных составляет не более 5,2 %.

#### 4.3 Выводы по главе

1. Разработана и предложена методика проведения лабораторных испытаний разработанного опытных светодиодных светильников, Методика включает в себя определение освещенности от разработанного светодиодного светильника, определение рационального угла скоса осветительного прибора при максимальном расстоянии между осветительными приборами, и обеспечении минимального коэффициента неравномерности освещения при освещении рабочей горизонтальной поверхности. В разработанном светодиодном светильнике использовались узконаправленные, маломощные светодиоды марки FYL3014WWC/S, имеющие следующие параметры: мощность 0,06 Вт, сила света  $I_0 = 20$  мкд, угол излучения  $\alpha_0 = 30^\circ$ , световой поток  $\Phi=3000$  лм, тепло – белый спектр излучения. Мощность светильников составляла 10 Вт.

2. Проведенные лабораторные испытания разработанных осветительных приборов показали, что при максимальном расстоянии между 1,8 м осветительными приборами составила 0,96 м, средняя освещенность составила 130,07 лк,  $\alpha_1 = 15^\circ$ . Совпадение теоретических и экспериментальных значений составила около 5 % отклонения, что свидетельствует на достоверность и применимость предложенной математической модели.

## **5 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

В разделе представлены результаты внедрения производственных испытаний, а также технико-экономическая оценка применения разработанных осветительных приборов на основе светодиодов в сравнении с производственными установками промышленного назначения. Новизна систем технических решений подтверждена патентами РФ на полезные модели и свидетельствами на регистрацию программ ЭВМ. Внедренные на практике осветительные приборы, прошедшие производственные испытания, представлены существующая система освещения в коровнике (СПО 40) в главах 2, 3, 4.

Проверку осветительных приборов проводили на предприятиях Удмуртской Республики (ООО «Удмуртская птицефабрика» Глазовского района, ООО «Племптицесовхоз «Увинский») и Республики Татарстан. Рабочие чертежи разработанного осветительного прибора и рекомендации переданы в ООО «Аква-Ресурс», ООО «Энергия», ООО «РЭМС» с целью реализации опытных образцов. Результаты программной реализации переданы в серийное производство ООО «Энергия», ООО «Племптицесовхоз «Увинский».

Результаты научно-исследовательской работы обсуждены на научно-техническом совете Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики, управления сельского хозяйства и продовольствия в Агрызском муниципальном районе Республики Татарстан. В результате обсуждения постановили: рекомендовать результаты научных исследований для использования сельскохозяйственными предприятиями в животноводческих помещениях.

## **5.1 Производственные испытания осветительных установок светодиодами в условиях ООО «Удмуртская птицефабрика»**

Освещение в птичнике играет важную роль при выращивании кур всех направлений, позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечить ей более комфортные условия содержания и добиться существенного роста практически всех показателей продуктивности стада. Система освещения в сочетании с программой освещения позволяет влиять на возраст физиологического созревания, обеспечивать оптимальный режим развития птицы, увеличивать яйценоскость, длительность периода яйцекладки, размер яиц и их массу, прочность скорлупы, оплодотворенность, снизить бой яиц и воздействия на организм птицы: газообмен, деятельность органов кроветворения, биохимический состав крови, работу эндокринных желез, в том числе и половых. Разработанная система может стимулировать или, наоборот, тормозить развитие половых желез и их деятельность. Наибольшее влияние оказывает продолжительность светового дня. Поэтому широко используют дополнительное освещение для стимулирования продуктивности птицы [1, 12, 17, 20, 25, 29]. Основные параметры освещения, влияющие на жизнедеятельность кур, – это освещенность, неравномерность освещения, спектр излучения осветителей, длительность светового дня и ее изменение. Однако типовое оборудование, применяемое в птицеводстве, не полностью обеспечивает необходимые технологические параметры освещения, что препятствует более полному использованию заложенных природой генетических возможностей организма птицы.

Разработанные светодиодные осветительные приборы опробованы в производственных условиях ООО «Удмуртская птицефабрика» г. Глазова Удмуртской Республики.

Эксперименты были проведены на специализированной площадке с использованием кур родительского стада кросса РОСС 308 в период с октября по декабрь 2015 года.

В результате было оценено, насколько эффективно использование разработанных светильников сказывается на продуктивности кур. В ходе производственных испытаний было зафиксировано снижение потребления электроэнергии, а также положительное влияние тестируемых осветительных приборов на продуктивность птицы (см. приложения В и Г).



Рисунок 5.1 – Измерение уровня освещенности в помещении перед размещением птицы



Рисунок 5.2 – Система освещения для птичника, предназначенная для разведения птицы (ООО «Удмуртская птицефабрика»)

На птицефабрике птица содержится на полу с использованием глубокой подстилки. Были созданы две группы кур, возрастом 175 дней, методом пар-аналогов, по 20 особей в каждой группе. В контрольной группе для освещения применялись люминесцентные светильники типа ЛСП 2х36, установленные на высоте 2 метра, а в опытной группе использовались специальные светодиодные лампы мощностью 10 Вт (патент № 159705) с режимом освещения 14 часов света и 10 часов темноты. В обеих группах уровень освещенности на уровне кормушек был одинаковым и составлял 90 люкс, что было измерено с помощью люксметра Аргус-07

В ходе эксперимента (приложение Г) были зафиксированы зоотехнические параметры, такие как сохранность кур, количество инкубационных яиц, масса яйца и другие морфологические характеристики, а



также расход корма. Также были учтены энергетические показатели, включая потребление электроэнергии. Условия содержания и кормления были одинаковыми для обеих групп и соответствовали рекомендуемым нормам [171].

Производственные испытания показали, что процент яйцекладки на начальную несушку в возрасте 175 суток в опытной группе составил 6,1 %, что ниже по сравнению с контрольной на 1 % (таблица 5.1, рисунок 5.1).

Таблица 5.1 – Основные продуктивные результаты исследования

| Показатель                                                  | Группа       |                     |
|-------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|
|                                                             | Существующая | Усовершенствованная |
| Процент яйцекладки на начальную несушку по возрастам, дней: |              |                     |
| 175                                                         | 7,1          | 6,1                 |
| 205                                                         | 63,6         | 86,7                |
| 235                                                         | 81,5         | 87,1                |
| Выход инкубационных яиц по возрастам, %                     |              |                     |
| 175                                                         | 84,8         | 87,9                |
| 205                                                         | 92,7         | 93,5                |
| 235                                                         | 93,8         | 95,4                |
| Сохранность кур, %                                          | 91,1         | 92,3                |

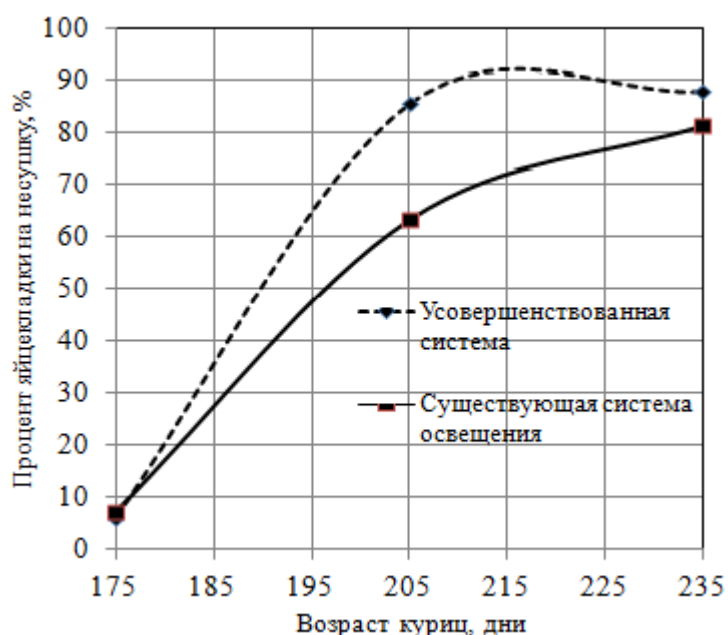


Рисунок 5.1 – Динамика яйцекладки на начальную несушку

Разницу можно объяснить тем, что до перевода во взрослое стадо птицу содержали в помещениях с люминесцентными лампами. После перевода птицы в

опытную группу для освещения использовались разработанные светодиодные светильники и, возможно, на данном этапе они сыграли роль стресс-фактора.

Продуктивность птицы зависит не только от количества, но и от качества полученного яйца (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Морфологические показатели яиц

| Показатель                        | Группа       |            |
|-----------------------------------|--------------|------------|
|                                   | Существующая | опытная    |
| Масса яйца (г) по возрастам, дн.: |              |            |
| 175                               | 55,9±0,07    | 57,4±0,11  |
| 205                               | 60,3±0,07    | 61,7±0,10  |
| 235                               | 61,4±0,08    | 63,7±0,09  |
| Толщина скорлупы, мм              | 0,34±0,08    | 0,35±0,04  |
| Плотность яйца, г/см <sup>3</sup> | 1,091±0,09   | 1,096±0,04 |
| Индекс желтка, %                  | 44,2         | 44,7       |
| Кислотное число желтка, мг КОН/г  | 3,69±0,73    | 3,71±0,79  |
| Оплодотворенность, %              | 78,1         | 81,9       |

Для определения морфологических показателей яйца от каждой группы было взято по 30 штук в разные возрастные периоды. Результаты показали, что в возрасте 175 суток от птицы опытной группы получили яйцо в среднем массой 57,4 г, что на 2,6 % больше массы яйца контрольной группы. Масса яйца увеличивалась с возрастом птицы в обеих группах и к концу эксперимента составила в опытной группе 63,7 г, что на 3,2 % больше в сравнении контрольной группой (61,4 г). Достоверность опытов составляет  $P > 0,99$  (рисунок 5.3). В среднем за продуктивный период по толщине скорлупы, плотности яйца, индексу и кислотному числу желтка группы отличались несущественно, разность между ними статистически недостоверна. Процент оплодотворенности яйца в опытной группе составил 81,9 %; что на 4,8 % выше, чем в контрольной группе. Графические результаты опытов представлены на рисунках 5.2, 5.3.

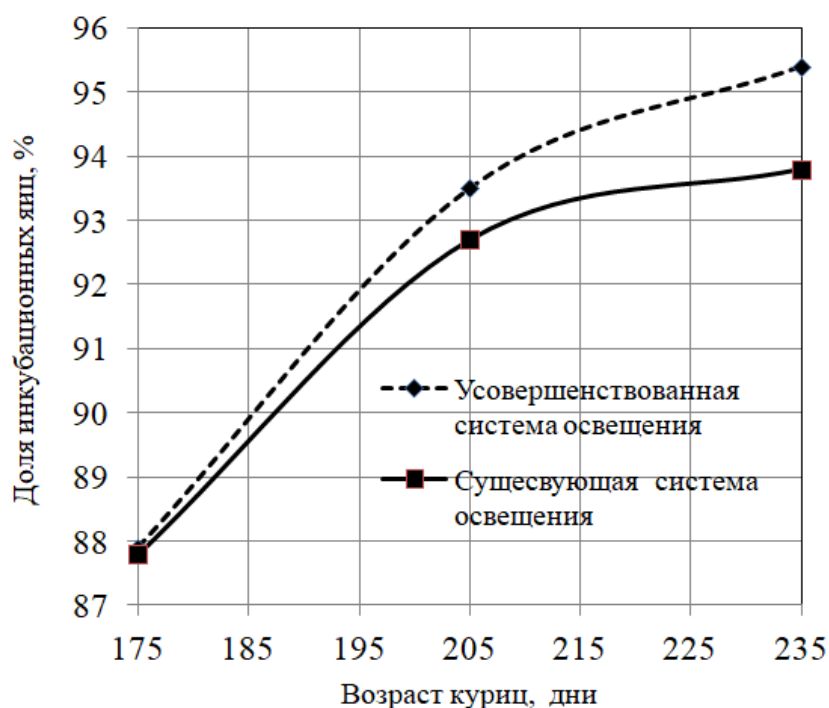


Рисунок 5.2 – Динамика выхода инкубационных яиц

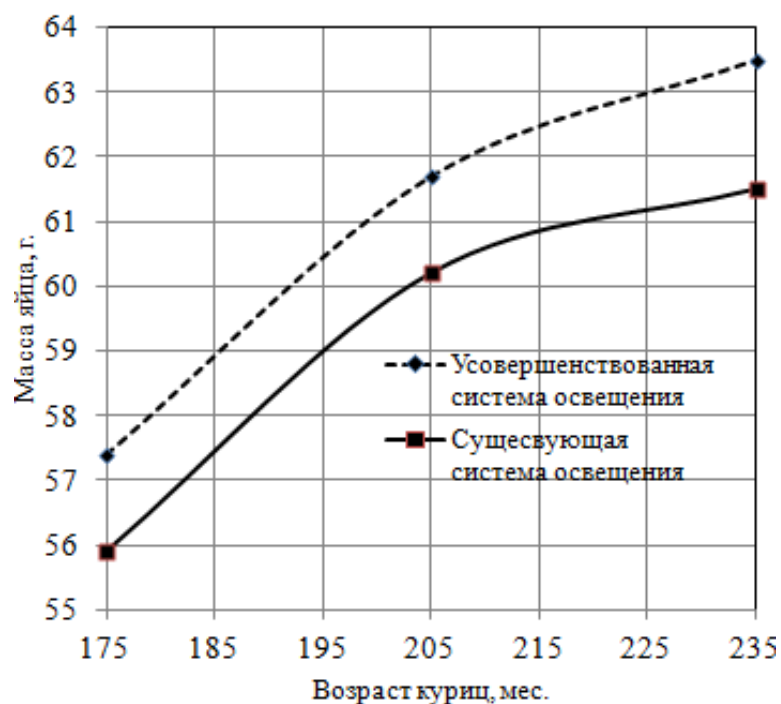


Рисунок 5.3 – Динамика массы яйца по возрастам

На основе анализа проведенных экспериментов можно утверждать, что использование разработанных светильников при напольном содержании кур родительского стада позволило повысить сохранность кур на 5 %, процент яйцекладки на начальную несушку - на 6,4 %, выход инкубационных яиц - на

1,6 %. При традиционном содержании кур расход электроэнергии на одну курицу составляет 4,6 кВт·ч, а с разработанными светодиодными светильниками 1,3 кВт ч. Стоимость расходов на одну курицу составляет 18,5 руб. в контрольной и 5,2 руб. в опытной группе, при цене электроэнергии 4 руб./кВт·ч (приложение В)

Энергетические расходы действующей системы освещения на основе люминесцентных ламп в ходе эксперимента составили 92,7 кВт·ч, что обошлось в 369,6 руб. В то же время, потребление электроэнергии новой светодиодной системы за тот же период составило 25,8 кВт·ч, а затраты составили 103,2 руб., что в 3,6 раза меньше, чем расходы на существующую систему. Результаты проведенных экспериментов подтверждают высокую эффективность разработанной системы освещения по сравнению с традиционными люминесцентными лампами

## **5.2 Производственные испытания осветительных установок со светодиодами в коровнике на 100 голов**

Согласно исследованиям [7, 41, 71, 115, 119], освещение оказывает положительное влияние на организм животного, особенно в зимний период и составляет менее 7 – 8 ч. Это зачастую негативно сказывается на здоровье и продуктивности животных. Поэтому для увеличения освещенности и светового дня в животноводческих помещениях используют источники искусственного света, расположенные вдоль кормового прохода. Производственные испытания проведены на базе предприятия ООО «Назяр» Агрызского района Республики Татарстан. В хозяйстве используют стойлово-пастбищную систему содержания. Коров содержат по привязанной технологии в типовом коровнике на 100 голов. Раздача кормов осуществляется мобильным кормораздатчиком, для поения используют автоматические поилки типа ПА, навозоудаление с помощью скребкового транспортера типа ТСН. Суточная питательность рациона для коров, находящихся на дойке, составила 10,8 кормовых единиц, при этом

содержание перевариваемого протеина составило 80 граммов на одну кормовую единицу. Микроклимат в помещениях животных формируется в результате сочетания физических характеристик воздушной среды (температура, влажность, скорость движения воздуха и т.д.). В производственных условиях проведены исследования освещенности в осенне-зимний период согласно общепринятой методике. Для исследований применялся термоанемометр типа ТКА-ПКМ. Параметры освещенности проводились трех кратной повторностью определили в 3 точках горизонтальной рабочей поверхности (в центре помещения и 2 углах, расположенных по диагонали на расстоянии 1,2 м от торцовых стен) и в 3 точках вертикальной плоскости на высоте 1,0 и 1,6 м.

Параметры микроклимата были измерены в соответствии с общепринятыми методами: фиксировались температура, относительная влажность и скорость воздушного потока. Измерения проводились трижды в день по следующему расписанию: утром (с 6:00 до 7:00), днем (с 14:00 до 15:00) и вечером (с 20:00 до 21:00) с тремя повторениями. Уровень освещенности способствует повышению уровня обмена веществ, повышению иммунной системы, а также увеличению продуктивности животных и их сохранности. Влияние уровня освещенности на организм животных во многом зависит с циркадным ритмом животного и его воздействия через кожу.

Коровы относятся к длиннодневным животным, поэтому они чувствительны к воздействию света, и для них ритм смены дня и ночи имеет очень большое значение. В дневное время, как только свет достигает чувствительной оболочки глаза, нервная система коровы посылает сигнал гипофизу для снижения выработки мелатонина, который вызывает сонливость, повышает процент телесного жира и подавляет способность животного к выработке молока. Один из эффектов снижения уровня мелатонина в крови животного проявляется в повышении уровня другого гормона, а именно IGF-1 (гормон роста). Функция гормона IGF-1 состоит в том, что он стимулирует активность животного и, следовательно, производство молока. Поэтому

повышение освещенности приведет к росту надоев. Содержание животных при повышенном уровне освещенности способствует сокращению интервала между отелами [12, 18, 27, 50].

Объектом исследования были полновозрастные дойные коровы черно-пестрой породы 3-ей лактации, которые были сформированы в 2 группы животных, по 3 головы в каждой, по принципу пар-аналогов. Объем потребляемого корма при применении созданного осветительного устройства и действующей системы освещения устанавливался с помощью контрольного кормления согласно общепринятой методике. Условия содержания и кормление были одинаковыми для всех групп, и соответствовали рекомендуемым нормам. В помещении для содержания коров были установлены люминесцентные лампы марки SPIRAL мощностью 85 Вт, которые обеспечивают световой поток в 4500 лм (см. рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 – Животноводческое помещение и расположение в них люминесцентных ламп марки SPIRAL 85

Осветительные приборы в коровнике размещены по середине прохода в один ряд. Для проведения эксперимента и измерения освещенности использовался поверенный люксметр марки Аргус–07, с погрешностью измерения 8 %. Измерение проведены согласно общепринятой методике,

исключая попадание на фотоэлемент случайных теней. В качестве контрольных точек были выбраны места в центре под светильниками, между светильниками и их рядами в середине прохода, на кормовом столе, а также на уровне вымени коровы. Общее количество измеряемых контрольных точек составило 15. Напряжение в сети составляло 220 В с допустимым отклонением  $\pm 10\%$ . Разработанный светодиодный осветительный прибор был установлен на высоте 2 м над кормовым столом (см. рисунки 5.5, 5.6 и таблицу 5.3).



Рисунок 5.5 – Проведение испытаний в условиях производства



Рисунок 5.6 – Установка опытного светодиодного освещения

С учетом требований к скорости получения измерительной информации в качестве метода регистрации результата измерения выбрана запись в журнал с показывающего прибора, так как в данном случае скорости получения измерительной информации не предъявляются особые требования. Результаты производственных испытаний также подтверждены актами внедрения (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Результаты производственных испытаний уровня освещенности в животноводческом помещении

| Точки измерения освещенности                   | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6         | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|------------------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1-й замер, Е, лк                               | 14        | 27    | 35    | 57    | 20    | 16        | 26    | 34    | 61    | 17    | 21    | 25    | 33    | 65    | 21    |
| 2-й замер, Е, лк                               | 15        | 26    | 36    | 58    | 21    | 14        | 26    | 33    | 62    | 18    | 21    | 26    | 33    | 64    | 22    |
| 3-й замер, Е, лк                               | 14        | 27    | 35    | 59    | 20    | 15        | 27    | 32    | 63    | 17    | 20    | 26    | 34    | 64    | 21    |
| <b>Оценка параметра</b>                        | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 6         | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
| Среднее арифметическое                         | 14,33     | 26,67 | 35,33 | 58,00 | 20,33 | 15,00     | 26,33 | 33,00 | 62,00 | 17,33 | 20,67 | 25,67 | 33,33 | 64,33 | 21,33 |
| Дисперсия ·                                    | 0,33      | 0,33  | 0,33  | 1,00  | 0,33  | 1,00      | 0,33  | 1,00  | 1,00  | 0,33  | 0,33  | 0,33  | 0,33  | 0,33  | 0,33  |
| Среднее квадратичное                           | 0,58      | 0,58  | 0,58  | 1,00  | 0,58  | 1,00      | 0,58  | 1,00  | 1,00  | 0,58  | 0,58  | 0,58  | 0,58  | 0,58  | 0,58  |
| Коэффициент вариации, %                        | 4,03      | 2,17  | 1,63  | 1,72  | 2,84  | 6,67      | 2,19  | 3,03  | 1,61  | 3,33  | 2,79  | 2,25  | 1,73  | 0,90  | 2,71  |
| Коэффициент Стьюдента при $\nu=3$ и $P=0,95$   | 4,30      | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30      | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  | 4,30  |
| Доверительный интервал (погрешность измерения) | 1,43      | 1,43  | 1,43  | 2,48  | 1,43  | 2,48      | 1,43  | 2,48  | 2,48  | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,43  | 1,43  |
| Точность опытов                                | 2,33      | 1,25  | 0,94  | 1,00  | 1,64  | 3,85      | 1,27  | 1,75  | 0,93  | 1,92  | 1,61  | 1,30  | 1,00  | 0,52  | 1,56  |
| Относительная погрешность                      | 10,0<br>1 | 5,38  | 4,06  | 4,28  | 7,05  | 16,5<br>6 | 5,45  | 7,53  | 4,01  | 8,28  | 6,94  | 5,59  | 4,30  | 2,23  | 6,72  |



### *Определение продуктивности молока*

Продуктивность молока определялась по общепринятой методике. В ходе исследований определялись следующие технологические параметры: среднесуточный удой (ССУ), массовая доля жира (МДЖ), массовая доля белка (МДБ), сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО) и плотность молока. Массовая доля жира определялась в количестве жира в граммах на 100 грамм молока, согласно ГОСТ 3 ИСО 2446-2011 массовая концентрация определяется в граммах жира на 100 см либо определяется в % - соотношении жира и белка. Молочный жир тесно связан с количеством белка в молоке. Исследования многих ученых показали, что с возрастом животного - до 6 лет удой молока и содержание жира в нем увеличиваются, а затем наблюдается его постепенное снижение. Плотность молока выражается массой молока при его температуре равной 20 °С в единице объема и может изменяться в зависимости от температуры и давления, является одним из основных показателей натуральности молока (измеряется в г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup> и в градусах ареометра). Исследования показали плотность натурального молока должна быть не менее 28 А°. Одним из основных показателей так же является сухой молочный остаток, является показатель определяющий остаток после высушивания молока до постоянного веса при температуре равной 102 – 105 °С. В случае если сухой остаток менее 8 %, то считается, что молоко является, разбавлено водой.

Контрольную дойку ежемесячно в период проведения испытаний за счет среднесуточного удоя коров. В бюджетном учреждении Удмуртской Республики «Удмуртский центр сельскохозяйственного консультирования» в лаборатории селекционного контроля качества молока были проведены исследования по определению анализа молока.. Массовую долю жира и белка, СОМО и плотность молока определяли с помощью ультразвукового анализатора качества молока Клевер-1М (рисунок 5.7). Устройство функционирует на основе метода ультразвукового измерения в молоке с учетом его состава и температуры. Среди преимуществ прибора можно выделить возможность измерения множества параметров, высокую производительность, точность

результатов, экологичность и безопасность, долговечность, а также простоту в использовании. Прибор оснащен цифровым индикатором питания РПН-12-1,5, (12,6 В) [73].

При определении продуктивных показателей были учтены ключевые технические характеристики измерений: содержание жира в диапазоне от 0 до 20 %; содержание сухого обезжиренного вещества от 6 до 12 %; плотность молока в пределах от 1000 до 1040 кг/м<sup>3</sup>. Систематическая абсолютная погрешность измерения содержания жира изменялась следующим образом: в диапазоне 0 – 6 % составляла  $\pm 0,06$  %; в диапазоне 6 – 10 % –  $\pm 0,10$  %; в диапазоне 10 – 20 % –  $\pm 0,20$  %. Систематическая абсолютная погрешность при измерении содержания сухого обезжиренного вещества составляла + 0,15 %, а абсолютная погрешность по плотности не превышала 0,30 кг/м<sup>3</sup>. Абсолютная погрешность измерения содержания сухого обезжиренного вещества не превышала 0,05 %, а по плотности молока – 0,2 кг/м<sup>3</sup>. Процесс измерения содержания жира, содержания сухого обезжиренного вещества и плотности занимал не более 35 минут. Объем исследуемой пробы молока составлял 20 см<sup>3</sup>, время нагрева – 20 минут. Максимальная потребляемая мощность прибора не превышала 25 Вт.

Согласно правил и инструкции к прибору по определению качества молока проведены исследования, анализатор состоит из системы приема молока, блока нагрева и термостатирования, микро ЭВМ (рисунок 5.7). Для определения пробы молоко заливают в кювету, для его нагрева до температуры +10 до +30 °С, и измеряется скорость ультразвука при каждой температуре. (рисунок 5.8).

Полученные результаты обрабатываются на микро ЭВМ анализатора который вычисляет значения массовой доли жира, СОМО и плотность пробы молока, с дискретностью отсчета 0,01 %.



Рисунок 5.7 – Анализатор качества молока - Клевер -1М



Рисунок 5.8 – Отбор пробы молока

### *Определение физиологического статуса коров*

Определение здоровья внутренней среды организма и физиологического статуса коров отобраны пробы крови животного в начале и в конце опыта. Для проведения эксперимента была отобрана цельная кровь животных в объеме 9 мл от каждой коровы. В межфакультетской учебно–научной лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО Ижевской ГСХА был проведен анализ крови с целью определения ее качества. Для анализа использовался прибор гемоанализатор Mindray BC-2800 Vet (рисунок 5.9) [154].



Рисунок 5.9 – Гемоанализатор Mindray BC-2800 Vet для определения физиологического статуса коров

В соответствии с инструкцией по эксплуатации были проведены исследования на ветеринарном гематологическом анализаторе Mindray BC-2800 Vet

### *Результаты испытаний на производстве*

Результаты измерений микроклимата (температура, влажность. Скорость движения воздуха) показали, что в коровнике ООО «Назар» основные параметры микроклимата не соответствует зоогигиеническим нормам. В Скорость воздушного потока в два раза превышает установленные нормы (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Параметры микроклимата

| Показатель                             | Норма   | Факт       |
|----------------------------------------|---------|------------|
| Средняя температура, °С                | 8-12    | 10,16±1,78 |
| Средняя относительная влажность, %     | 70      | 83,1±0,83  |
| Средняя скорость движения воздуха, м/с | 0,3-0,4 | 0,61±0,39  |

При оптимальной температуре относительная влажность превышала гигиенические требования на 13,1 %, скорость движения воздуха выше нормы практически в два раза и составила 0,61±0,39 м/с.

В программном комплексе Dialuxv 4.12 проведен расчет качества освещения (коэффициент неравномерности освещения и освещенность) коровника. (согласно проведенным испытаниям средняя освещенность составила 30 лк, коэффициент неравномерности освещения составил 3,5). Данные исследования показали о несоответствии нормы. Световой коэффициент в коровнике составлял 1:37, что в 3 раза ниже нормы; средняя освещенность на кормушке - 31,57±11,52 лк, что также ниже зоогигиеническим требованиям [215] (рисунок 5.10).

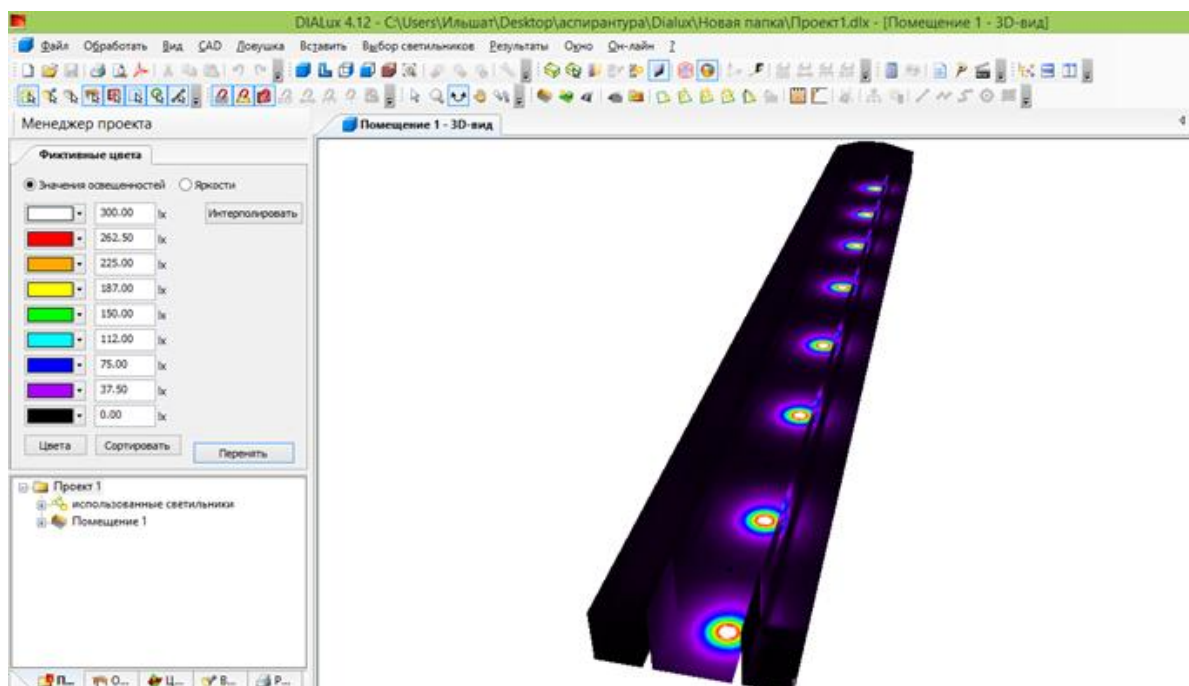


Рисунок 5.10 – Результаты расчетов в программе Dialux

Над кормовым столом был установлен разработанный светильник на  $H=2$  м, освещенность составила в пределах 130 лк, наблюдения показали, продолжительность светового дня при проведении эксперимента составила 16 ч. Эксперименты по контрольному кормлению показали, что кормовое поведение активно при освещенности равной 130 лк, остаток корма на кормовом столе в контрольной группе составил 1,35 кг, а в опытной группе при освещенности 30лк -0,3 кг. (акт внедрения Приложение В). Основные данные продуктивных качеств молока, анализы исследования крови приведены в приложении (приложение Г).

Исследования по определению продуктивности животных показали (рисунок 5.11), что на начало опыта суточный удой коров в контрольной и опытной группах был одинаковым и составил 10,43 кг с содержанием жира 3,53–3,55 % и белка 3,04–3,06 %, СОМО и плотность тоже отличались незначительно и составили соответственно, 8,29–8,30 % и 28,61–28,65 кг/л. Увеличение удоя в контрольной группе через месяц после установки светильника составило 0,28 %, или 0,03 кг, в то время как в опытной группе – 1,62 %, что составило 0,17 кг.

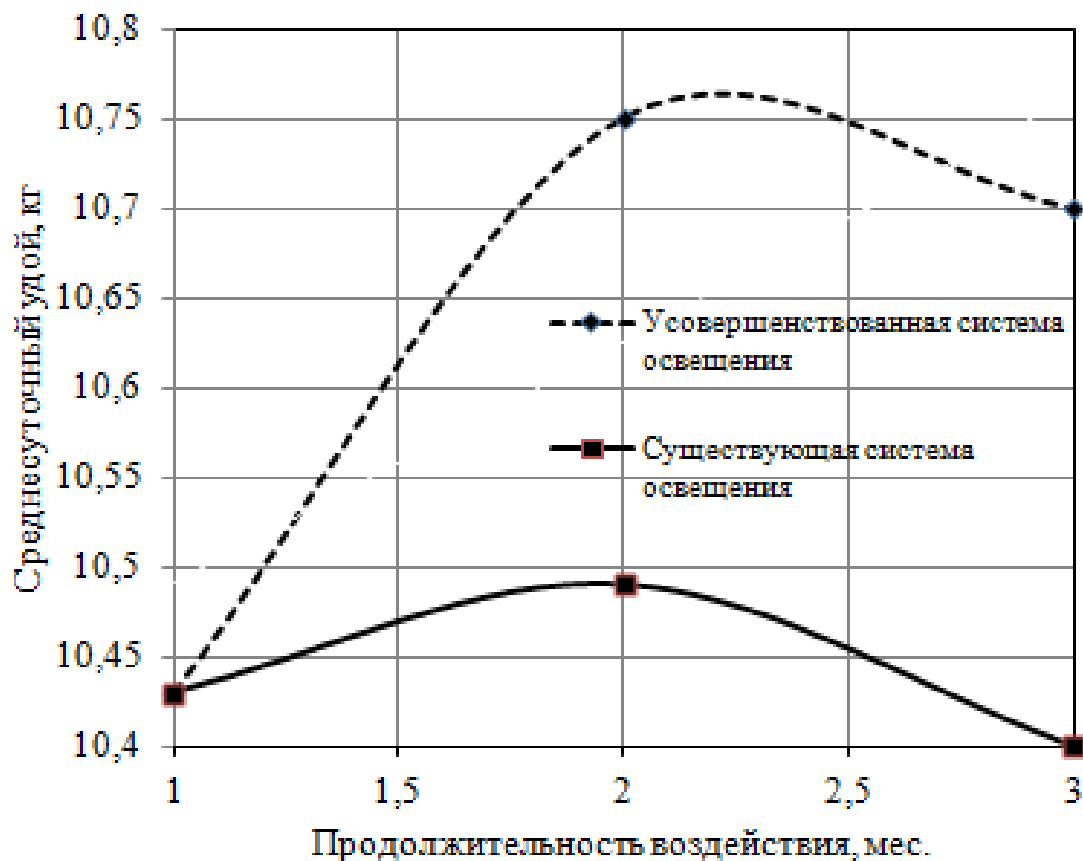


Рисунок 5.11 – Динамика среднесуточного удоя

Спустя 60 дней удой коров в контрольной группе увеличился на 0,07 кг, или 0,67 %, а в опытной группе это повышение составило 0,37 кг, или 3,54 %. Увеличение количества молока происходит за счет большего потребления корма. Это связано с раздражающим действием света на сетчатку глаза, что в свою очередь сказывается на поведенческих реакциях животного (приложение Г). На третий месяц эксперимента в данных группах отмечается незначительное снижение удоя. В обеих группах спад составил 0,1 кг. Это связано с физиологическим состоянием животного (стельность). За время проведения эксперимента среднесуточный удой опытных коров увеличился на 2,58 % и составил  $10,7 \pm 0,2$  кг, в то время как у контрольной группы увеличился только на 0,19 % и составил  $10,45 \pm 0,19$  кг, что статистически достоверно ( $P=0,95$ ).

Анализируя данные по содержанию массовой доли жира в молоке, надо отметить, что в контрольной группе данный показатель практически не

изменяется, в опытной группе содержание жира изменяется незначительно (рисунок 5.12).

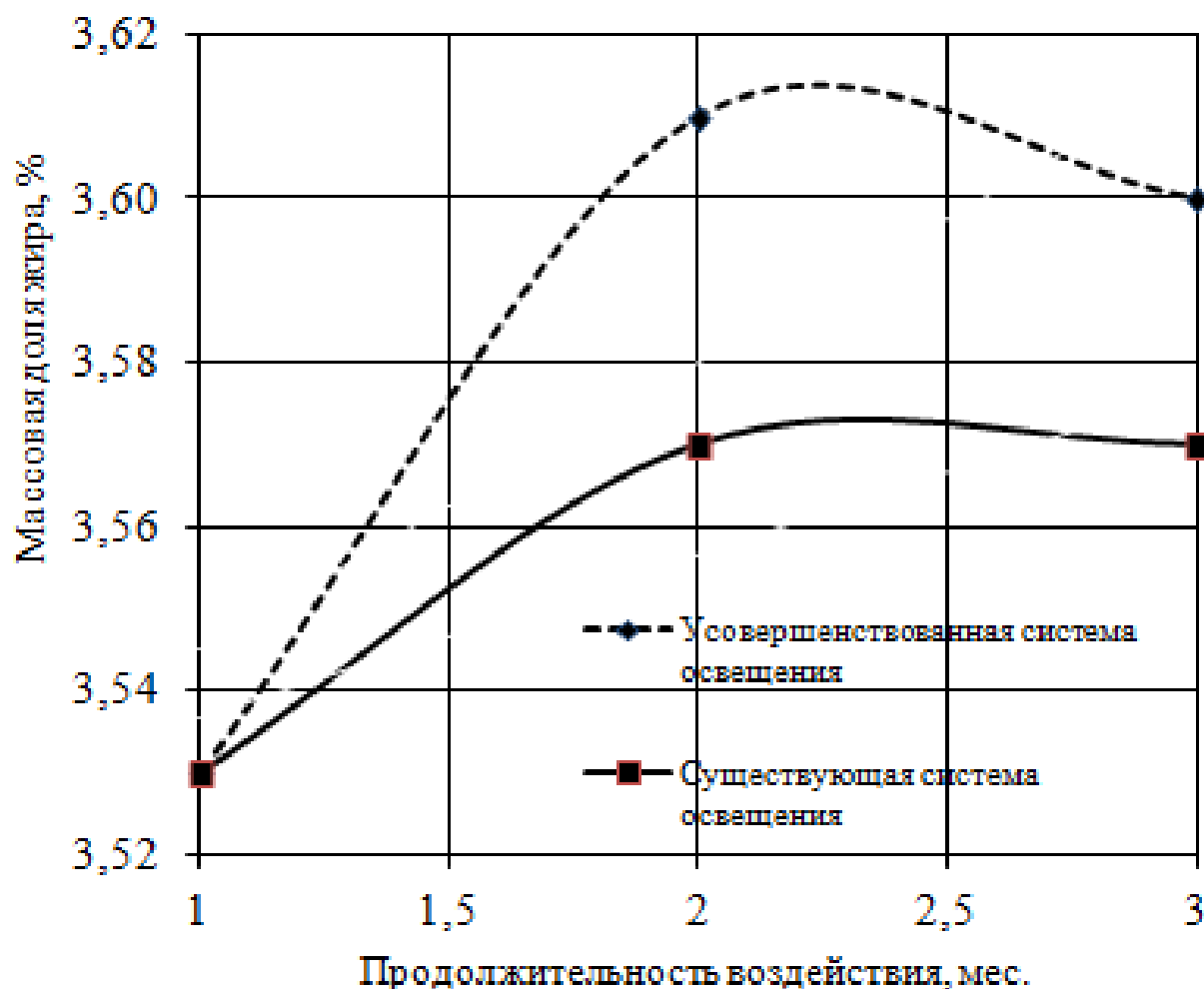


Рисунок 5.12 – Динамика изменения массовой доли жира

В среднем за весь период исследования содержание жира в молоке контрольной группы составило  $3,56 \pm 0,04$  %, а в опытной  $3,60 \pm 0,03$  % (приложение Г). Жирность молока опытных коров увеличилась на 1,28 % и составила  $3,6 \pm 0,03$  %, у контрольной группы составило  $3,56 \pm 0,05$  %. Исследования среднесуточного удоя показали, что у опытных коров при 130 лк однопроцентное молоко повысилось до 38,52 л. в контрольной группе при 30 лк - 37,2 л., а, что на 3,54 % меньше чем у опытной группы.

Исследования крови у коров (таблица 5.6) проводили для определения физиологического статуса, который показал, что на начало опыта все коровы были клинически здоровыми, и к концу опыта он не изменился.

Таблица 5.6 - Основные показатели крови дойных коров

| Показатель                           | Группа      |            |             |            |
|--------------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                                      | контрольная |            | опытная     |            |
|                                      | на начало   | на конец   | на начало   | на конец   |
| WBC (лейкоциты), $10^9/\text{л}$     | 6,60±1,83   | 9,90±1,55  | 5,65±0,49   | 8,45±0,63  |
| Лимфоциты, $10^9/\text{л}$           | 1,90±0,70   | 4,55±1,20  | 1,50±0,14   | 3,00±0,98  |
| Моноциты, $10^9/\text{л}$            | 0,45±0,21   | 1,25±0,07  | 0,45±0,21   | 1,10±0,14  |
| Гранулоциты, $10^9/\text{л}$         | 3,75±0,21   | 3,10±1,69  | 3,85±0,35   | 4,35±1,48  |
| RBC(эритроциты), $10^{12}/\text{л}$  | 6,44±0,44   | 5,52±0,45  | 6,05±0,80   | 5,65±0,98  |
| HgB (гемоглобин), г/л                | 100,33±2,51 | 93,00±2,82 | 101,66±9,60 | 97,00±8,48 |
| PLT (тромбоциты), $10^{12}/\text{л}$ | 1,97±1,34   | 2,69±0,36  | 2,07±1,23   | 2,65±0,47  |

Анализ крови показал, что данные показатели находятся в допустимых физиологических пределах. Иммунный статус коров был на достаточном уровне. Освещенность экспериментального светильника не оказала отрицательного влияния на состав белой крови. В составе красной крови обнаруживается общая тенденция снижения эритроцитов и гемоглобина. Данную ситуацию можно объяснить стельностью коров (7 месяцев) и поддержанием лактации, т.е. временный дефицит железа на фоне стельности. Незначительные изменения состава крови связаны с комплексом экзо- и эндофакторов, в перечне которых влияние уровня интенсивности светового потока не оказало видимого негативного действия.

### 5.3 Производственные испытания осветительных установок со светодиодами в свиноматке на 100 голов

Производственные исследования по влиянию разработанного осветительного устройства на продуктивные качества ремонтного молодняка проведены в ООО «Совхоз–Правда» Удмуртской Республики. Было сформировано 2 группы четырех месячных ремонтных свинок по принципу



пар-аналогов, по 3 головы в каждой,. Для освещения в контрольной группе использовали люминесцентные светильники типа ЛСП 2х36, а в опытной – разработанный светодиодный светильник мощностью 10 Вт (рисунок 5.13)



Рисунок 5.13 – Проведение экспериментов в производственных условиях

Условия содержания и кормления подопытных животных были аналогичными и соответствовали зоотехническим нормам [224]. Согласно общепринятой методике, было проведено контрольное кормление, которое показало, что среднесуточный прирост живой массы за период исследования в контрольной группе составил  $515,6 \pm 5,75$ , а в опытной  $549,3 \pm 4,75$  (таблица 5.7). В соответствии с этими данными можно сказать, что применение разработанного осветительного прибора позволило животным в опытной группе потреблять больше корма.

За время исследования были определены показатели роста живой массы животных (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Основные показатели продуктивности свиней

| Показатель                                         | Контрольная группа | Опытная группа |
|----------------------------------------------------|--------------------|----------------|
| Живая масса, кг                                    | 42,3±0,79          | 43,2±0,94      |
| 4 месяца                                           | 74,06±1,10         | 76,43±1,20     |
| 6 месяцев                                          | 104,1±1,4          | 109,12±1,3     |
| 8 месяцев                                          |                    |                |
| Среднесуточный прирост живой массы, г              | 515,6±5,75         | 549,3±4,75     |
| Расход корма на 1 кг прироста живой массы, корм.ед | 5,61               | 5,32           |

Результаты экспериментов представлены на рисунке 5.14

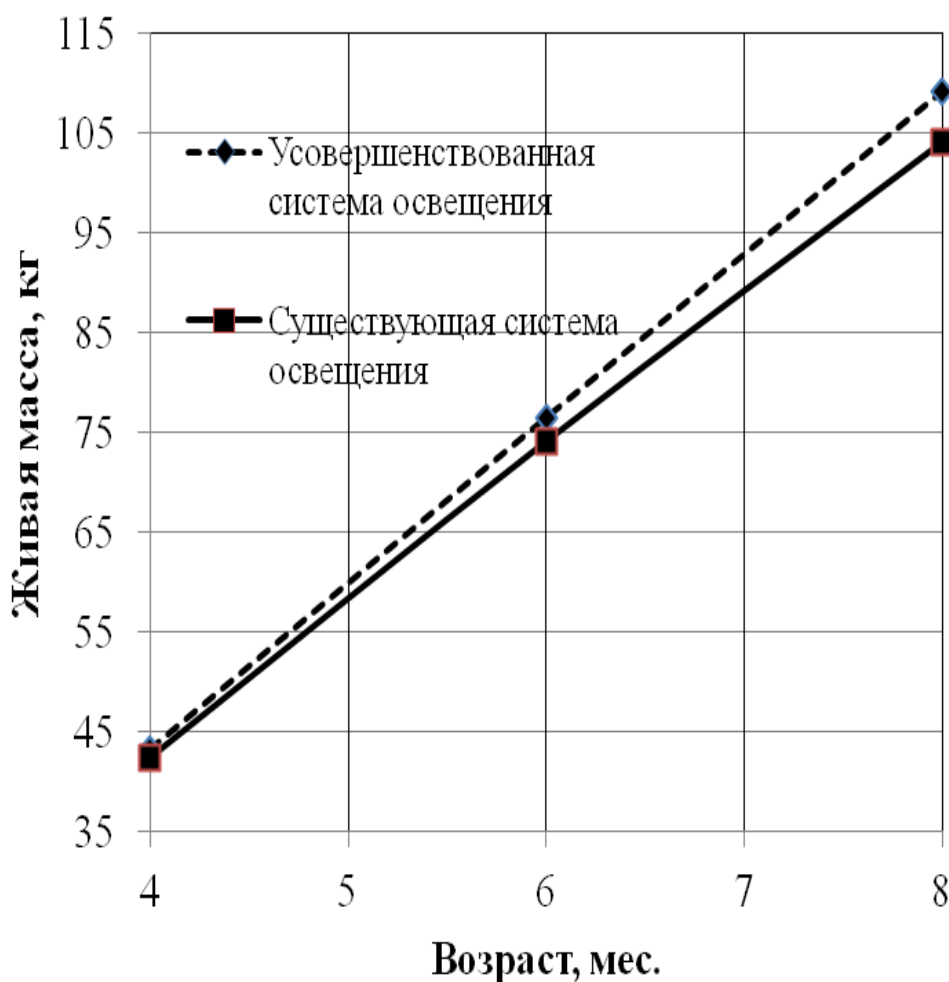


Рисунок 5.14 – Динамика увеличения живой массы поросят по возрастам

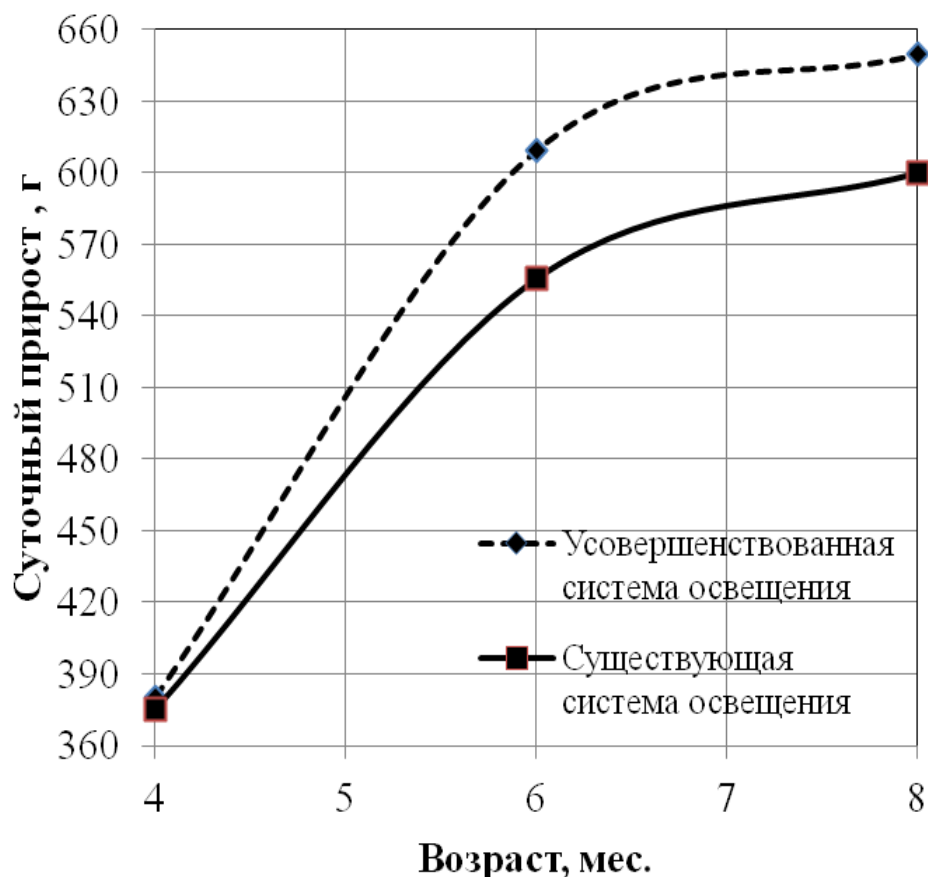


Рисунок 5.15–Динамика среднесуточного прироста поросят

В начале проведения эксперимента, с целью определения влияния разработанного светильника на продуктивность молодняка свиней в контрольной группе составляло  $42,3 \pm 0,79$  и опытной группе  $43,2 \pm 0,94$  кг. К шести месяцам живая масса свиней у опытных свинок этот показатель составил  $76,43 \pm 1,20$  кг, в контрольной группе составил  $74,06 \pm 1,10$  кг, что на 2,43 % ниже чем в опытной группе и статистически достоверно. Среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе в среднем составил  $515,6 \pm 5,75$  г, а в опытной группе –  $549,3 \pm 4,75$  г.

В группе ремонтных свиней, участвующих в эксперименте расход корма на 1 кг прироста живой массы составил 5,61 корм. ед., а в опытной группе этот показатель на 5,4 % ниже и составил 5,32 корм. ед.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование разработанного светодиодного светильника способствует повышению продуктивных качеств ремонтного молодняка свиней и не оказывает негативного влияния на здоровье животных.

## 5.4 Капиталовложения при использовании светодиодных осветительных установок в животноводстве

Экономическую эффективность применения разработанных светодиодных светильников для животноводческих предприятий (птичники, коровники, свинарники) определим из повышения качества продукции, экономии электроэнергии и снижения капитальных затрат при апробировании их в производственном процессе. За время эксперимента на основе апробации фиксировались зоотехнические и энергетические показатели (количество затраченной электроэнергии). Оценена экономическая эффективность разработанных светодиодных приборов в промышленном птицеводстве (таблица 5.8).

Таблица 5.7 – Определение годовой экономии электроэнергии

| Параметр                                                                 | Птичник с люминесцентными лампами | Птичник со светодиодными светильниками LED – 19.2 | Птичник со светодиодными светильниками GL036-D016.0N | Проект с предлагаемыми светодиодными светильниками |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Количество светильников                                                  | 72                                | 72                                                | 160                                                  | 66*                                                |
| Мощность одной лампы, Вт                                                 | 36х2=72                           | 19,2                                              | 16                                                   | 16,4                                               |
| Суммарная мощность системы освещения, кВт                                | 5,18                              | 1,38                                              | 2,56                                                 | 1,08                                               |
| Удельная суммарная мощность системы освещения, Вт/м <sup>2</sup>         | 6,54                              | 1,74                                              | 1,82                                                 | 1,36                                               |
| Время работы светильников в год, часов                                   | 5100                              | 5100                                              | 5100                                                 | 5100                                               |
| Цена 1 кВт/час, руб.                                                     | 4.0                               |                                                   |                                                      |                                                    |
| Удельная стоимость потребленной электроэнергии в год, руб/м <sup>2</sup> | 133,42                            | 35,50                                             | 52,22                                                | 27,74                                              |

\* Количество и мощность светодиодных светильников рассчитаны в главе 3.

Исследование эффективности проведено в условиях промышленного птицеводства (птичник размерами 66000x12000x3100 мм,  $H=3,5$  м) курах напольного содержания кросса Росс 308. Режим освещения в обоих случаях одинаковый, Регулирование системы освещения производится системой «рассвет–закат» контроллером «Рассвет -200».

С учетом экономической неравноценности затрат и результатов, осуществляемых и получаемых в разные моменты времени, по методике [39, 43, 44] для следующих исходных составляющих в случае равного количества птицы их падежа и потребления корма в стаде. Согласно [44] при оценке инвестиционных проектов приведение разновременных значений денежного потока к ценности на начальный период  $t_0 = 0$  осуществляется путем дисконтирования (приведения). Под дисконтированием понимают способ нахождения суммы на некоторый момент времени  $t$  при условии, что в будущем при начислении на нее процентов она могла бы составить наращенную сумму. Величину, найденную дисконтированием наращенной величины, называют приведенной величиной. С помощью дисконтирования в финансовых вычислениях учитывается фактор времени, который связан с инфляционными процессами, уровнями банковских ставок по кредитам, стоимостью ценных бумаг.

Для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов используется норма дисконта  $E$ , равная норме дохода на капитал и выраженная в долях единицы или процентах в год. Технически приведение денежного потока к базисному (обычно начальному) моменту времени осуществляется путем умножения его на коэффициент дисконтирования  $a_t$ , определяемого для постоянной нормы дисконта  $E$ . В рыночной экономике при использовании собственного капитала нормы дисконта определяются исходя из депозитного процента по вкладам, а на практике она выше этого процента за счет инфляции и риска, связанного с инвестициями. В случае, когда весь капитал заемный, норма дисконта представляет собой соответствующую процентную ставку, определяемую условиями процентных выплат и погашений по займам. Для оценки эффективности инвестиционного проекта рекомендованы следующие

показатели [44]: 1) чистый дисконтированный доход (интегральный эффект – ЧДД); 2) индекс доходности (ИД); 3) срок окупаемости инвестиций; 4) прочие показатели, отражающие интересы участников или специфику проекта. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – один из важнейших показателей и критериев эффективности, который в ряде случаев выступает как самостоятельная и единственная характеристика. При оценке проектов необходимо приведение (дисконтирование) указанных показателей в стоимости момента сравнения, так как денежные поступления и затраты в различные временные периоды неравнозначны, а именно доход, полученный в более ранний период, имеет большую стоимость, чем та же величина дохода, полученного в более поздний период. Так же как затраты, произведенные в более ранний период, имеют большую стоимость, чем те же затраты, произведенные в более поздний период.

Рассчитаем затраты, произведенные при реализации проекта. Капиталовложения определяются из суммы стоимости материалов и оборудования, применяемых в данной установке [257, 258, 260] (таблица 5.9):

$$K = C_n + C_{об} + C_m, \quad (5.1)$$

где  $C_n$  – стоимость проектирования, руб.;

$C_{об}$  – стоимость оборудования, руб.;

$C_m$  – стоимость монтажа оборудования, руб.

Эксплуатационные затраты для системы освещения с предлагаемыми светодиодными светильниками определяют по выражению

$$Z_{экс} = Z_{зн} + Z_{то} + Z_{ээ} + Z_{он} + Z_{ох}, \quad (5.2)$$

где  $Z_{зн}$  – оплата труда с отчислениями на социальные нужды, руб.;

$Z_{то}$  – затраты на техобслуживание и текущий ремонт, руб.;

$Z_{ээ}$  – затраты на электроэнергию, руб.;

$Z_{он}$  – общие производственные затраты, руб.;

$Z_{ох}$  – общехозяйственные затраты, руб.

Таблица 5.9 – Определение экономического эффекта от замены люминесцентных светильников на разработанные опытные образцы

|                                                                           | Расчетный показатель                                                    | Значение | Ед. изм. | Приложение                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------------------------------|
| Тэ                                                                        | Тариф на электроэнергию, с НДС                                          | 4        | руб.     | По расчетам                              |
| Рп                                                                        | Установленная мощность системы освещения до модернизации                | 5,18     | кВт      |                                          |
| Рм                                                                        | Установленная мощность системы после модернизации                       | 1,08     | кВт      |                                          |
| Т <sub>год.</sub>                                                         | Время работы осветительной установки за год                             | 5100     | ч        | Средневзвешенное значение (14 ч в сутки) |
| Wп                                                                        | Потребление электроэнергии системой освещения за год до модернизации    | 26418    | кВт*ч    | Рп *Т <sub>год.</sub>                    |
| Wм                                                                        | Потребление электроэнергии системой освещения за год после модернизации | 5508     | кВт*ч    | Рм *Т <sub>год.</sub>                    |
| Затраты на модернизацию системы освещения (IC), в т.ч.:                   |                                                                         | 89715    | руб.     | _____                                    |
| - стоимость светильников                                                  |                                                                         | 39600    | руб.     | 66 светильников                          |
| - затраты на предпроектное обследование и разработку технического задания |                                                                         | 2000     | руб.     |                                          |
| - общие затраты на монтажные работы                                       |                                                                         | 48115    | руб.     | Приложение В                             |
| ИТОГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ                                                       |                                                                         |          |          |                                          |
| ΔW                                                                        | Высвобожденная электроэнергия                                           | 20910    | кВт*ч    | Wп-Wм                                    |
|                                                                           | Срок окупаемости                                                        | 2        | года     | _____                                    |

Затраты на заработную плату вычисляют по выражению:

$$Z_{\text{зн}} = n \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{ум}} \cdot K_{\text{дон}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{есн}}, \quad (5.3)$$

где  $ZT$  – затраты труда, чел·час,  $ZT = 357$  чел·ч; (1 чел·ч на один светильник);

$n_{\text{сут}}$  – количество суток обслуживания системы освещения,  $n_{\text{часов в год}} = 48$ ;

$t_{\text{см}}$  – тарифная ставка,  $t_{\text{см}} = 45,67$  руб./чел·час;

$K_{\text{ум}}$  – коэффициент условий труда,  $K_{\text{ум}} = 1,25$ ;

$K_{\text{дон}}$  – коэффициент доплаты,  $K_{\text{дон}} = 1,4$ ;

$K_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий отчисление на социальные страхование от фонда заработной платы: ПФР - 22 %, ФМС - 5,1 %, ФСС - 2,9 %, ФСС от травматизма - 1 %, итого - 31 %.

$$Z_{\text{м}} = 66 \cdot 14,19 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,15 \cdot 1,26 = 2374,83 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные затраты составляют 20 % от заработной платы:

$$Z_{om} = 0,2 \cdot Z_{zn} \quad (5.4)$$

$$Z_{om} = 0,2 \cdot 2374,83 = 308,73 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные затраты составляют 13 % от заработной платы

$$Z_{ox} = 0,13 \cdot Z_{zn} \quad (5.5)$$

$$Z_{ox} = 0,13 \cdot 2374,83 = 308,73 \text{ руб.}$$

Отчисления на текущий ремонт определяются как:

$$Z_{mo} = m \cdot K, \quad (5.6)$$

где  $m$  – норма отчислений на текущий ремонт,  $m = 0,07$  [52].

Затраты на электроэнергию определяют по выражению

$$Z_{э} = \beta \cdot P \cdot t_{сут} \cdot n_{сут}, \quad (5.7)$$

где  $\beta$  – стоимость кВт·ч электроэнергии,  $\beta = 4$  руб./кВт·ч;

$P$  – мощность светодиодных светильников,  $P = 1,08$  кВт;

$t_{сут}$  – время работы установки в сутки,  $t_{сут} = 14$  ч/сут.

$$Z_{э} = 4 \cdot 1,08 \cdot 14 \cdot 365 = 22032 \text{ руб.}$$

Годовые издержки на эксплуатацию составят:

$$Z_{экс} = 2374,83 + 474,97 + 308,73 + 6280,05 + 22032 = 31470,85 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на реализацию мероприятий определяют по выражению:

$$Z_t = (K_p + E_n) \cdot K + Z_{экс}, \quad (5.8)$$

где  $K_p$  – норма реновации основных фондов с учетом фактора времени;

$K$  – капиталовложения, руб.;

$E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент экономической эффективности.

Коэффициент реновации определяется по формуле

$$K_p = \frac{E_n}{(1 + E_n)^{t_{cc}} - 1}, \quad (5.9)$$

где  $t_{cc}$  – срок службы средств и орудий труда долговременного применения,

лет;  $t_{cc} = 10$  лет;

$$K_p = \frac{0,15}{(1 + 0,15)^{10} - 1} \approx 0,049.$$

Годовые затраты на реализацию мероприятий составляют:



$$Z_{экс} = (0,49 + 0,15) \cdot 89715 + 31470,85 = 88900 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты к базисному моменту, имеющие место в первом году реализации проекта, рассчитываются путем их умножения на коэффициент дисконтирования (приведения), определяемый для постоянной нормы дисконта:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + E)^t} \quad (5.10)$$

где  $t$  – расчетные годы (0, 1, 2... $T$ );

$T$  – горизонт расчета (рекомендуется принимать равным амортизационному сроку службы);  $T=10$  лет

$E$  – норма дисконта, при котором инвесторы согласны вложить свои средства в создание проектов аналогичного профиля,  $E=15\%$  [103].

Коэффициент дисконтирования (срок службы)  $t = 10$  лет, тогда

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + 0,15)^{10}} = 0,247.$$

**Чистый дисконтированный доход** (ЧДД) характеризует превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта с учетом неравномерности эффектов (затрат, результатов), относящихся к различным моментам времени.

Чистый дисконтированный доход ( $\mathcal{E}_m$ ) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенный к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами по формуле [43, 44]

$$\text{ЧДД} = \mathcal{E}_m = \sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z'_t}{(1 + E)^t} - K = \sum_{t=0}^T (P_t - Z'_t) \cdot \alpha_t - K, \quad (5.11)$$

где  $P_t$  – результаты достигаемые на  $t$ -м шаге расчета;

$Z'_t$  – затраты, осуществляемые на том же шаге расчета, без учета капиталовложений;

$T$  – горизонт расчета.

Для признания проекта эффективным, с точки зрения инвестора, необходимо, чтобы чистый дисконтированный доход проекта был

положительным. При проведении сравнительной оценки предпочтение следует отдать проекту с большим значением ЧДД. Очевидно, что при  $ЧДД > 0$  проект следует принять, при  $ЧДД < 0$  отвергнуть, а при  $ЧДД = 0$  проект не прибылен, но и не убыточен.

Необходимо отметить, что ЧДД отражает прогнозную оценку изменения экономического потенциала предприятия в случае принятия рассматриваемого проекта. Этот показатель аддитивен во временном аспекте. Это очень важное свойство, выделяющее данный критерий из всех остальных и позволяющее использовать его в качестве основного при анализе оптимальности инвестиционного проекта. ЧДД – динамический показатель и его функциональная характеристика во времени – нелинейная.

Результаты расчета ЧДД отражены в таблице 5.10

Таблица 5.5 – Сводная таблица расчета ЧДД

| Горизонт расчета | Коэффициент дисконтирования, $a_t$ | Прибыль, руб. | Прибыль по годам | Денежные потоки | ЧДД, руб.  |
|------------------|------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|------------|
| 0                | 1,000                              | 0             | 0                | 0               | -89 620,00 |
| 1                | 0,870                              | 44 975,00     | 39 108,70        | 39 108,70       | -50 511,30 |
| 2                | 0,756                              | 44 975,00     | 34 007,56        | 73 116,26       | -16 503,74 |
| 3                | 0,658                              | 44 975,00     | 29 571,79        | 102 688,05      | 13 068,05  |
| 4                | 0,572                              | 44 975,00     | 25 714,60        | 128 402,65      | 38 782,65  |
| 5                | 0,497                              | 44 975,00     | 22 360,52        | 150 763,18      | 61 143,18  |
| 6                | 0,432                              | 44 975,00     | 19 443,93        | 170 207,11      | 80 587,11  |
| 7                | 0,376                              | 44 975,00     | 16 907,77        | 187 114,88      | 97 494,88  |
| 8                | 0,327                              | 44 975,00     | 14 702,41        | 201 817,28      | 112 197,28 |
| 9                | 0,284                              | 44 975,00     | 12 784,70        | 214 601,99      | 124 981,99 |
| 10               | 0,247                              | 44 975,00     | 11 117,13        | 225 719,12      | 136 099,12 |

Из таблицы видно, что ЧДД достигает положительного значения на третий год эксплуатации. Таким образом, проект внедрения светодиодных линейных светильников для освещения является прибыльным. Другим важным показателем эффективности является *индекс доходности*. Индекс доходности представляет отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений. Показатель индекс доходности тесно связан с ЧДД. Он строится из тех же элементов.

Индекс доходности проекта определим как отношение суммы приведенного эффекта к величине инвестиций  $K$ :

$$ИД = \sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z_t}{(1 + E)^t} \cdot \frac{1}{K}. \quad (5.12)$$

Индекс доходности тесно связан с ЧДД. Если ЧДД положителен, то  $ИД > 1$ , если  $ИД > 1$ , то инвестиционный проект эффективен.

Индекс доходности на 10 году эксплуатации равен:

$$ИД = \frac{136099}{89715} = 1,52,$$

что указывает на эффективность проекта.

Срок окупаемости инвестиций  $T_{ок}$  — это минимальный временной период от начала осуществления проекта, за пределами которого интегральный экономический эффект становится и остается в дальнейшем неотрицательным, т.е. период окупаемости — это время от начала реализации инвестиционного проекта до момента, когда первоначальные инвестиционные вложения и другие затраты, обусловленные с реализацией проекта, покрываются суммарными результатами от его осуществления. Срок окупаемости рассчитывается по выражению [43]:

$$T_{ок} = \frac{K}{P_c}. \quad (5.14)$$

Срок окупаемости проекта составляет

$$T_{ок} = \frac{89715}{44975} = 2 \text{ года}$$

Рентабельность проекта является показателем эффективности производства.

Среднегодовая рентабельность проекта определяется по формуле

$$P = \frac{ИД}{n} \cdot 100\% \quad (5.15)$$

где  $n$  — срок службы оборудования.

$$P = \frac{1,52}{10} \cdot 100\% = 15,2\%.$$

## 5.5 Эффективность применения светодиодных светильников в коровнике с привязным содержанием коров

Экономическая эффективность инвестиций предложенного проекта определена с учетом анализа производства и его привлекательности для экономического обоснования промышленных предприятий. Годовая экономия электроэнергии для коровника (построены по типовому проекту) представлен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет экономии электроэнергии в животноводческом помещении от применения опытного образца

| Показатель                                        | С компактными люминесцентными лампами SPIRAL 85 | С существующая система освещения в коровнике (СПО 40) | С разработанными светодиодными светильниками |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Количество светильников                           | 52                                              | 38                                                    | 50                                           |
| Срок службы, тыс. часов                           | 10 000                                          | 50000                                                 | 60000                                        |
| Мощность одной лампы, Вт                          | 85                                              | 40                                                    | 10                                           |
| Суммарная мощность системы освещения, кВт         | 4,42                                            | 1,56                                                  | 0,51                                         |
| Время работы светильников в день, ч               | 16                                              | 16                                                    | 16                                           |
| <i>Время работы светильников в год, ч</i>         | <i>5 840</i>                                    | <i>5 840</i>                                          | <i>5840</i>                                  |
| Объем потребляемой э/энергии за год, кВт·час      | 25 812,80                                       | 9 110,40                                              | 2 978,40                                     |
| Цена 1 кВт·час, руб.                              | 5,63                                            |                                                       |                                              |
| Стоимость потребленной электроэнергии, руб.       | 145 248,63                                      | 51 264,22                                             | 16 759,46                                    |
| Годовая экономия от потребления эл. энергии, руб. | X                                               | 93 984,41                                             | 128 489,17                                   |

Рассчитаем затраты, произведенные от реализации проекта оснащения коровника разработанными осветительными приборами. Капиталовложения определяются из суммы стоимости материалов и оборудования, применяемых в данной установке [258, 259]( таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Основные капитальные вложений в проект

| Показатель                                                     | С компактными люминесцентными лампами SPIRAL 85 |            |             | С существующая система освещения в коровнике (СПО 40) |            |             | Система с разработанным светильником |          |             |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------------------------------|----------|-------------|
| Проектирование                                                 | 25 000                                          |            |             |                                                       |            |             | 50 000                               |          |             |
| Стоимость оборудования                                         | Цена за шт.                                     | Кол-чество | Сумма, руб. | Цена за шт.                                           | Количество | Сумма, руб. | Цена за шт.                          | Кол-ство | Сумма, руб. |
| Источники света                                                | 628                                             | 52         | 652         | -                                                     | -          | -           | -                                    | -        | -           |
| Светильники                                                    | -                                               | -          | -           | 2000                                                  | 39         | 284700      | 2000                                 | 51       | 102000      |
| Провода и арматура для соединения                              | 50                                              | 52         | 2600        | 50                                                    | 39         | 1950        | 50                                   | 51       | 2550        |
| Средства защиты от перенапряжения и нестандартных режимов сети | 10000                                           | 1          | 10000       | 10000                                                 | 1          | 10000       | 10000                                | 1        | 10000       |
| Аппаратура для регулирования освещенности                      | -                                               | -          | -           | 30000                                                 | 1          | 30000       | 30000                                | 1        | 30000       |
| Электрощитовое оборудование                                    | 30000                                           | 1          | 30000       | 30000                                                 | 1          | 30000       | 30000                                | 1        | 30000       |
| Монтаж и наладка (19 % от стоимости оборудования)              | 14299                                           |            |             | 67764                                                 |            |             | 33165                                |          |             |
| Итого, руб.                                                    | 56899                                           |            |             | 424414                                                |            |             | 207715                               |          |             |

Затраты на заработную плату вычисляют по выражению (5.3):

$$З_{зп} = 357 \cdot 1 \cdot 45,67 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 1,31 = 37422,83 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные затраты составляют 20 % от заработной платы (5.4):

$$З_{оп} = 0,2 \cdot 37422,83 = 7488,57 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные затраты составляют 13 % от заработной платы (5.5):

$$З_{ох} = 0,13 \cdot 37422,83 = 4867,57 \text{ руб.}$$

Отчисления на текущий ремонт определяются как (5.6):

$$З_{мо} = 0,07 \cdot 207001 = 14490,04 \text{ руб.}$$

Годовые издержки на эксплуатацию составят:

$$З_{экс} = 37422,83 + 14490,04 + 16759,46 + 7488,57 + 4867,57 = 81048,45 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на реализацию мероприятий:

$$З_t = 81048,45 + 207001 = 28804,45 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты к базисному моменту, имеющие место в первом году реализации проекта, рассчитываются путем их умножения на коэффициент дисконтирования (приведения), определяемый для постоянной нормы дисконта (5.10):

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + 0,11)^{10}} = 0,059.$$

Таблица 5.13 – Чисто дисконтированный доход от применения разработанного образца

| Горизонт расчета | Коэффициент дисконтирования, $\alpha_t$ | Прибыль, руб. | Прибыль по годам | Денежные потоки | ЧДД, руб.   |
|------------------|-----------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|-------------|
| 0                | 1,000                                   | 0             | 0                | 0               | -207 001    |
| 1                | 0,901                                   | 47 440,71     | 42 739,38        | 42 739,38       | -164 261,12 |
| 2                | 0,812                                   | 47 440,71     | 38 503,95        | 81 243,33       | -125 757,17 |
| 3                | 0,731                                   | 47 440,71     | 34 688,24        | 115 931,57      | -91 068,93  |
| 4                | 0,659                                   | 47 440,71     | 31 250,67        | 147 182,24      | -59 818,26  |
| 5                | 0,593                                   | 47 440,71     | 28 153,75        | 175 335,99      | -31 664,51  |
| 6                | 0,535                                   | 47 440,71     | 25 363,74        | 200 699,74      | -6 300,76   |
| 7                | 0,482                                   | 47 440,71     | 22 850,22        | 223 549,95      | 16 549,45   |
| 8                | 0,434                                   | 47 440,71     | 20 585,78        | 244 135,74      | 37 135,24   |
| 9                | 0,391                                   | 47 440,71     | 18 545,75        | 262 681,49      | 55 680,99   |
| 10               | 0,352                                   | 47 440,71     | 16 707,88        | 279 389,37      | 72 388,87   |

Из таблицы видно, что ЧДД достигает положительного значения на седьмой год эксплуатации. Таким образом, проект является прибыльным в условиях промышленного животноводства, а именно применение разработанных светодиодных светильников для содержания и разведения коров черно-пестрой породы.

Индекс доходности (5.12) на 10-м году эксплуатации равен:

$$ИД = \frac{72388,87}{207001} = 0,3497,$$

что указывает на эффективность проекта.

Срок окупаемости предлагаемого технического решения (светодиодного светильника) (5.14) составляет:

$$T_{ок} = \frac{207001}{127489,17} = 1,6 \text{ года.}$$

Срок окупаемости при использовании проекта с существующей системы освещения в коровнике со светильниками СПО 40 составляет:

$$T_{ок} = \frac{422414}{93984,4} = 4,5 \text{ года.}$$

## 5.6 Выводы по главе

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Производственные испытания в промышленных условиях показали, что при содержании животных с разработанными системами освещения позволили:

- повысить сохранность кур родительского стада кросса РОСС – 308 от 5 %, до 5,6 %, процент яйцекладки на начальную несущку до 1,6 %, выход инкубационных яиц на 3,7 %, увеличить массу яйца на 3,7% их оплодотворенность до 4,9 %;. При этом наблюдались снижение затрат кормов (с расчетом на 10 яиц) до 7,1 % и количество потребленной электроэнергии в 3,6 раза;

- при содержании коров черно–пестрой породы увеличился среднесуточный удой на 2,58 %, жирность молока на 3,6 %.

- при содержании ремонтного молодняка свиней живая масса повысилась на 4,7 % а среднесуточный прирост живой массы на 5,1 %.

- биохимические показатели крови показали, что при содержании животных (коров и свиней) с применением разработанного светодиодного осветительного прибора не оказывает негативное влияние на здоровье животных.

2. Содержание животных (кур, коров, свиней) с применением разработанных светодиодных светильников позволило обосновать целесообразность и выгоду предлагаемых технических. Экономические расчеты показали эффективность решений, при 10-летней эксплуатации оборудования дисконтированный доход, при ставке дисконта 15 %, составил: для птичников - 136100 руб.; коровников - 72 388,87 руб. Срок окупаемости первоначальных вложений составил 2,0 и 1,61 года соответственно.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование искусственного светодиодного освещения в животноводческих помещениях путем определения условий наименьшего потребления электроэнергии и исследования новых способов и средств освещения позволяет повысить продуктивность животных на 5,6–7,3 %.

1. Анализ состояния систем освещения в животноводческих помещениях показал, что выпускаемые промышленностью осветительные приборы со светодиодными источниками света не полностью обеспечивают требуемую норму освещенности и равномерности освещения при минимальных затратах электроэнергии. Установлено, что добиться максимальной продуктивности животных можно путем разработки обобщающей теории, учитывающей конструктивные, энергетические, светотехнические, технологические параметры светодиодных систем освещения, что позволит повысить продуктивность животных на 5–10 % и снизить потребление электроэнергии на 10–20 %.

2. На основе теоретических исследований искусственной системы светодиодного освещения в животноводческих помещениях установлено, что спектр излучения определяется типом светодиодных источников света; продолжительность и периодичность светового дня определяется типом программного устройства для светодиодов; освещенность, равномерность освещения в помещении и потребляемая мощность зависят от высоты подвеса осветительных приборов, которую целесообразно использовать: для птичников – 1,0 м; для свинарников – 1,5 м; для коровников – 1,8 м; а также от КСС, которые определяются геометрическими (конструктивными) особенностями светодиодных осветительных приборов. Развитие светодиодного освещения заключается в разработке для птичников, свинарников и коровников новых конструктивных решений, учитывающих наилучшую КСС при высоте подвеса светильников от 1,0 – 2,0 м.

3. На основе разработанных математических моделей освещенности обоснованы предлагаемые конструктивные параметры систем освещения животноводческого помещения:

- наиболее эффективной системой освещения, обеспечивающей нормируемую освещенность, являются осветительные приборы на основе светодиодов с углом раскрытия светового потока от  $15^\circ$  до  $30^\circ$ ;

- разработана методика расчета светодиодного осветительного прибора, описывающая взаимосвязь между освещенностью и неравномерностью освещения. Определены конструкции осветительного прибора со светодиодами, позволяющие обеспечить равномерную освещенность на кормовом столе при угле скоса осветительного прибора, находящемся в пределах от  $12,02^\circ$  до  $16,10^\circ$  и максимальном расстоянии между осветительными приборами до 1 м, минимальном значении коэффициента неравномерности 1,49 и максимальной освещенности 131,73 лк.

- разработанные математические модели позволили определить конструктивные параметры осветительных приборов, позволяющие повысить эффективность потребления электроэнергии в 2,2 раза, при минимальном коэффициенте неравномерности освещения.

4. Разработаны способы и технические средства систем освещения животноводческих помещений:

- разработаны программные решения для автоматизированного моделирования геометрических параметров осветительного прибора на основе светодиодов, позволяющие определять конструктивные параметры и расчетную электрическую мощность осветительных приборов;

- для обеспечения равномерности освещения горизонтальной рабочей поверхности разработаны осветительные приборы, повышающие коэффициент неравномерности освещения горизонтальной рабочей поверхности светильника до  $1,1 \dots 1,49$  в поперечной плоскости;

- предложен алгоритм работы системы управления освещением в животноводческих помещениях, позволяющий регулировать ее параметры с

учетом основных физиологических особенностей животных и снизить потребление электрической энергии до 22 %.

5. Лабораторные исследования разработанных светодиодных светильников подтвердили теоретические расчеты значений зависимости освещенности от расстояния между светодиодными осветительными приборами, а также значений освещенности и коэффициента неравномерности освещения. Погрешность находится в пределах 5 %, что указывает на достоверность и возможность применения предложенных математических моделей.

6. Производственные испытания в промышленных условиях показали, что при содержании животных с разработанными системами освещения позволили:

- повысить сохранность кур родительского стада кросса РОСС – 308 от 5 %, до 5,6 %, процент яйцекладки на начальную несущку до 1,6 %, выход инкубационных яиц на 3,7 %, увеличить массу яйца на 3,7% их оплодотворенность до 4,9 %. При этом наблюдались снижение затрат кормов (с расчетом на 10 яиц) до 7,1 % и количество потребленной электроэнергии в 3,6 раза;

- при содержании коров черно-пестрой породы увеличился среднесуточный удой на 2,58 %, жирность молока на 3,6 %;

- при содержании ремонтного молодняка свиней живая масса повысилась на 4,7 %, а среднесуточный прирост живой массы - на 5,1 %;

- биохимические показатели крови показали, что применение разработанного светодиодного осветительного прибора при содержании животных (коров и свиней) не оказывает негативное влияние на здоровье животных.

Финансовая оценка эффективности внедрения предлагаемых систем освещения показала, что разработанная система освещения окупается около 1,5 - 3,0 лет, с годовым экономическим эффектом от 0,52 – 2,5 млн. руб. при экономии электроэнергии до 22% в условиях Удмуртской Республики и Республики Татарстан, что подтверждает необходимость их использовании при производстве продукции животноводства.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

Рассмотренные в диссертации средства по снижению энергопотребления системой освещения животноводческих помещений требуют учета всех условий эксплуатации и выполнения комплекса проектных и опытно-конструкторских работ. Представленные теоретические и экспериментальные исследования дают основу для создания нормативно-технической документации по энергосбережению системы освещения на основе светодиодных источников света.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

В настоящем диссертационном исследовании приведены и частично раскрыты зависимости конструктивных параметров системы освещения животноводческих помещений в зависимости от расположения осветительных приборов, что ведет к повышению качества освещения и повышению продуктивности животных. Для эффективного применения системы освещения необходимо внедрить в нее возможность имитации биодинамического освещения с учетом возрастных показателей животного, его здоровья, что позволило бы снизить затраты на электроэнергию, при этом повысить продуктивность продукции животноводства. Одной из перспектив работы является цифровизация и анализ потребления электроэнергии при разработке различных энергосберегающих режимов освещения в технологиях выращивания различных видов животных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках / И. М. Довлатов, Л. Ю. Юферев, В. В. Кирсанов [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 7(86). – С. 7-18. – EDN XRZDXV.
2. *Ашрятов, А.А.* Повышение эффективности источников оптического излучения и световых приборов / А. А. Ашрятов// Фундаментальные и прикладные проблемы физики : сборник научных трудов по материалам IX Междунар. науч. – техич. конф., Саранск , 16-18 ноября 2016 года. – С. 3-10.
3. *Айзенберг, Ю.Б.* Основы конструирования световых приборов: Учебное пособие для вузов / Ю.Б.Айзенберг. - М.: Энергоатомиздат, 1996. – 704 с.
4. *Айзенберг, Ю.Б.* Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг. 3-е изд. - М.: Знак, 2006. - 972 с.
5. *Акатова, Е.В.* Продуктивность клеточных несушек при режиме прерывистого освещения лампами ЛДЦ-36 и ЛДТД-18 : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 05.20.02 / Акатова Елена Владимировна – М., 1993. – 20 с.
6. Аналоговое управление освещением. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electricalschool.info/main/lighting/853> (дата обращения : 20.06.20).
7. *Андреев, Л. Н.* Энергетическая оценка производства продукции животноводства / Л. Н. Андреев // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № S7. – DOI 10.51419/20217005. – EDN BEZLEO.
8. *Андреев, Л. Н.* Энергосбережение в свиноводческих помещениях / Л. Н. Андреев, В. В. Юркин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6(92). – С. 184-188. – EDN TYOLIB.
9. *Баев, В.И.* Практикум по электрическому освещению и облучению / В.И. Баев. - М.: Агропромиздат, 1991. — 175 с.
10. *Бакиров, С. М.* Методика расчета и моделирования светодиодных осветительных приборов / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 4(131). – С. 31-40. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-4-31-40. – EDN L1HBEQ.

11. *Большин, Р. Г.* Анализ цифровых технологий приготовления пищи / Р. Г. Большин, Н. П. Кондратьева // Инновации в АПК - как стратегические приоритеты технологического суверенитета : Материалы научно-практической конференции, Воронеж, 01 октября – 01 2022 года. – г. Воронеж, пр-т Революции, д. 19, оф. 409: Ассоциация "Технологическая платформа "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания", 2022. – С. 26-30. – EDN WPWRRG.

12. *Бакиров, С. М.* Применение светодиодных осветительных установок в практике животноводства / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, К. С. Иксанова, И. И. Иксанов // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире : материалы Международной научно-практической конференции, Ижевск, 16–17 декабря 2021 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 285-288.

13. *Бакиров, С. М.* Разработка классификации учитываемых факторов при обосновании способа энергообеспечения мобильных электрифицированных машин / С. М. Бакиров, А. П. Ищенко // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы междунар. научн.-техн. семинара им. В. В. Михайлова. – Саратов, 2019. – С. 315–319.

14. *Бакиров, С. М.* Связь коэффициента неравномерности освещения с мощностью ламп/ С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, Л.А. Шувалова, О.В. Корбань // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции, Ижевск, 15–18 февраля 2022 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 275-279.

15. *Бакиров, С. М.* Анализ результатов исследования влияния параметров микроклимата на продуктивность коров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов, К. С. Иксанова // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 10-14. – EDN ITMUTS.

16. *Бакиров, С. М.* Анализ систем управления освещением в животноводческих помещениях / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы XII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 21–22 апреля 2022 года. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. – С. 260-268. – EDN VTEWPR

17. *Бакиров, С. М.* Энергосберегающее оборудование и расчет его параметров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. А. Баранова, К. С. Иксанова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 2(129). – С. 56-64. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-2-56-64.

18. *Бакиров, С. М.* Эффективность применения светодиодных осветительных установок для предприятий АПК / С.М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 1(46). – С. 14-18. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-1-14-18. – EDN FUNYCC.

19. *Бакиров, С.М.* Перспективы применения светодиодных светильников в системах освещения теплиц закрытого грунта / А. А. Анашкин, С. М. Бакиров, Г. Г. Угаров, А. А. Верзилин // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 28 апреля 2023 года / Под общей редакцией С.М. Бакирова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 18-24. – EDN NDUVAP.

20. *Бакиров, С. М.* Обоснование параметров системы искусственного светодиодного освещения животноводческих помещений / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 61-66. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-6-61-66. – EDN QQQINT.

21. *Бакиров, С. М.* Генетический алгоритм конструкции светодиодных осветительных установок для предприятий АПК / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 1(50). – С. 81-86. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-1-81-86. – EDN CUNZDG.

22. *Бакиров, С. М.* Расчет конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора с улучшенными техническими характеристиками для

ферм КРС / С. М. Бакиров, П. В. Дородов, И. И. Иксанов, Т.А. Широбокова [и др.] // Агропромышленный комплекс в ногу со временем: сборник трудов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 15 ноября 2023 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. – С. 388-392. – EDN XGUQQY.Ф

23. *Басарыгина, Е. М.* Электросветокультура: параметры светового режима / Е. М. Басарыгина, А. В. Шершнев, Е. О. Горшкова // АПК России. – 2019. – Т. 26, № 3. – С. 380-383. – EDN PEXXIA.

24. Бакиров, С.М. Разработка интеллектуальной системы управления поливом для экспериментального семеноводства / С. М. Бакиров, О. В. Михеева, Д. А. Колганов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 108-111. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp108-111. – EDN JAVWHR.

25. *Балашов, В.В.* Режимы освещения и показатели продуктивности цыплят бройлеров кросса «РОС-308» / В.В. Балашов, В.С. Буюров // Вестник Орел ГАУ. - 2013. - №1(40). – С. 103-107.

26. *Банди, Б.* Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 80 с.

27. *Баранов, Л. А.* Светотехника и электротехнология : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 110302 "Электрификация и автоматизация сел. хозяйства" / Л. А. Баранов, В. А. Захаров Междунар. Ассоц. "Агрообразование". – М. : Колос, 2006. – ISBN 5-9532-0373-X. – EDN QKXZHD.

28. *Баранова, И. А.* Разработка программы управления освещенностью в помещениях содержания птиц / И. А. Баранова, Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13–16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 6-9.

29. *Баранова, И. А.* Светодиодное освещение птичника с программой регулирования / И. А. Баранова, Т. А. Широбокова, И. М. Новоселов // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 5(120). – С. 42-52. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-5-42-52.



30. *Баранова, И.А.* Реализация энергосберегающего режима освещения в птицеводческом помещении за счет автоматизированной системы управления / И.А. Баранова, С.Д. Батанов, Т.А. Широбокова // Вестник НГИЭИ. 2019. № 2 (93). С. 37-47.
31. *Большин, Р. Г.* Повышение эффективности облучения меристемных растений картофеля светодиодными (LED) фитоустановками : специальность 05.09.00 "Электротехника" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р. Г. Большин. – М., 2016. – 136 с. – EDN ZBUUIF.
32. *Бородин, И.Ф.* Автоматизация технологических процессов [Текст] / И.Ф. Бородин, Ю. М. Судник – М.: Колос, 2004.
33. Блок управления освещением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avtoall.ru/article/34367724/> (дата обращения 10.09.2019).
34. Бакиров, С. М. Оценка энергоэффективности конструктивных параметров системы освещения помещений животноводства / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Основы рационального природопользования : материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 27–28 октября 2022 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. – С. 126-130. – EDN GPNCFK.
35. *Бакиров, С. М.* Обоснование параметров системы искусственного светодиодного освещения животноводческих помещений / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 61-66. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-6-61-66. – EDN QQQINT.
36. *Бакиров, С. М.* Повышение эффективности осветительных приборов на основе светодиодов. Качественный материал подложки как один из способов / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, Н. А. Шихова, А. Н. Бронников // Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти кандидата технических наук, доцента Виталия Александровича Носкова, Ижевск, 20 декабря 2022 года. – Ижевск: Удмуртский ГАУ, 2022. – С. 61-64. – EDN DJWOMS.

37. *Бакиров, С. М.* Эффективность применения светодиодных осветительных установок для предприятий АПК / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 1(46). – С. 14-18. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-1-14-18. – EDN FUNYCC.
38. *Бугров, В.Е.* Оптоэлектроника светодиодов. Учебное пособие. / В.Е. Бугров, К.А. Виноградова – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 174 с.
39. *Веденяпин, Г.В.* Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – 2ое изд., доп., - М.: Колос, 1967. – 159 с.
40. *Величко, О. А.* Методы повышения продуктивности птицы, качества пищевых яиц и яичных продуктов питания при использовании высокопродуктивных кроссов кур: автореф. дис. ... до-ра. с.-х. наук / О.А. Величко. - Сергиев Посад, 2010. - 38 с.
41. Влияние продолжительности светового дня на удои молока. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tenchat.ru/media/2446346-zavisimost-mezhdu-prodolzhitelnostyu-svetovogo-dnya-i-urovnem-nadoyev> (дата обращения 10.08.2015).
42. Влияние различных уровней и источников света на продуктивные качества лактирующих коров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/vliyanie-razlichnykh-urovnei-i-istochnikov-sveta-na-produktivnye-kachestva-laktiruyushchikh> (дата обращения 10.08.2015).
43. *Водяников, В.Т.* Организационно – экономические основы сельской электроэнергетики: учебное пособие для вузов по агроинженерным специальностям / В.Т. Водяников – М., 2002.- 312 с.
44. *Водяников, В.Т.* Экономическая оценка энергетики АПК. Учебное пособие для студентов учебных заведений / В.Т. Водяников – М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304с.
45. *Возмилов, А. Г.* Математическая модель теплового расчета светодиодного осветительного прибора / А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, М. А. Набатчикова // АПК России. – 2021. – Т. 28. – № 1. – С. 22-27.

46. *Возмилов, А.Г.* Алгоритм расчета конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора / А.Г. Возмилов, Т.А. Широбокова, Д.В. Астафьев, И.Ю. Лошкарев // АПК России. – 2019. – Т. 26, – № 2. – С. 185-188.
47. *Возмилов, А.Г.* Применение термоэлектрического эффекта в светодиодном светильнике / А. Г. Возмилов, Т. А. Широбокова, М. А. Набатчикова, Т. В. Цыркина // АПК России. – 2020. – Т. 27. – № 2. – С. 284-288.
48. *Возмилов, А.Г.* Результаты экспериментальных исследований осветительного прибора на основе светодиодов с улучшенными техническими характеристиками / А.Г. Возмилов, Т.А. Широбокова, Р.Ю. Илимбетов, Л.А. Шувалова // АПК России. – 2019. – Т. 26, – № 2. – С. 189-192.
49. *Возмилов, А.Г.* Энергосберегающие технологии микроклимата/А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, Н.И. Смолин, А.А. Дмитриев // Свиноводство. – 2014. – №8.- С. 52-55.
50. *Газалов, В.С.* Динамические системы освещения в помещениях для сельскохозяйственных животных / В.С. Газалов, Е.А. Шабаев, М.М. Романовец // Вестник аграрной науки Дона. - 2018. – Т. 2, № 42. – С. 80-86.
51. *Газалов, В.С.* Моделирование САР освещенности динамической системы освещения на RGB-светодиодах /В.С. Газалов, Е.А. Шабаев, М.М. Романовец // АгроЭкоИнфо. – 2019, №2 .– [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/2019st\\_223](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/2019st_223).
52. *Галлямова Т. Р.,* Влияние различных источников света на продуктивность кур / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, С. Я. Пономарева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 46.
53. *Галлямова, Т. Р.* Математическое моделирование светодиодных источников освещения для многоярусных клеточных батарей / Т. Р. Галлямова, И. М. Новоселов // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях : материалы Всероссийской научно-практической конференции (15-18 февр. 2011 г.) / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск, 2011. - Т. 3. - С. 60-63.
54. *Галлямова, Т. Р.* О коэффициенте неравномерности освещения горизонтальной рабочей поверхности птичника / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова //

Энергетика - агропромышленному комплексу России : материалы Международной научно-практической конференции, Челябинск, 05–07 июня 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2017. – С. 56-61.

55. *Галлямова, Т. Р.* О равномерности освещения горизонтальной поверхности светодиодными светильниками / Галлямова Т. Р. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : труды 9-й Международной научно-технической конференции (21–22 мая 2014, Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5 частях. Часть 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетик. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. – С. 206–211.

56. *Галлямова, Т. Р.* Об оптимизации параметров светодиодного освещения птичника / Т.Р. Галлямова, Т.А. Широбокова // Вестник ВИЭСХ. – 2016. – № 2 (23). С. 47-55.

57. *Галлямова, Т. Р.* Определение оптимального светораспределения для обеспечения равномерности освещения птицеводческих помещений / Т. Р. Галлямова, И. М. Новоселов, Т. А. Широбокова // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию - научное обеспечение : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 14-17 февр. 2012 г.) / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск, 2012. - Т. 3. - С. 271-274.

58. *Галлямова, Т. Р.* Критериальная оценка оптимального расположения продольных линий светильников при напольном содержании птицы / Т. Р. Галлямова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 3(52). – С. 41-47. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-41-47. – EDN CJUJHY.

59. *Галлямова, Т. Р.* Вероятностная оценка коэффициента отражения света от шероховатой поверхности / С. Р. Галлямов, Т. Р. Галлямова, С. Я. Пономарева, Е. Н. Соболева // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России,

Ижевск, 24–26 февраля 2021 года. Том II. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 157-162. – EDN PVYZRJ.

60. *Галлямова, Т. Р.* Оценка основных параметров эффективного светодиодного освещения птичника при его равномерном освещении (на примере птицефабрики "Удмуртская" г. Глазова Удмуртской Республики) / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 4(19). – С. 410-421.

61. *Галлямова, Т. Р.* Перспективы применения светодиодов в практике животноводства / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, Ижевск, 16–18 октября 2013 года / ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – С. 86-89.

62. *Галлямова, Т. Р.* Светодиодный осветительный прибор / Т. Р. Галлямова, Н. П. Кочетков, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов // Наука, инновации и образование в современном АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Ижевск, 11–14 февраля 2014 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 146-149.

63. *Галлямова, Т. Р.* Экспериментальные исследования освещенности, создаваемой опытным образцом светодиодного светильника с линейками круглосимметричных светодиодов / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова, Н. П. Кочетков // Теория и практика - устойчивому развитию агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 17–20 февраля 2015 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 123-126.

64. *Галлямова, Т. Р.* Об энергосбережении системы технологического светодиодного освещения при напольном содержании птиц / Т. Р. Галлямова, С.

Я. Пономарева, В. Г. Балтачев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13–16 февраля 2018 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 20-25. – EDN XMBCST.

65. *Галлямова, Т.Р.* Влияние различных источников света на продуктивность кур / Т.Р.Галлямова, Т. А. Широбокова, Л.А. Шувалова, С.Я. Пономарева // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6 Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-15563>.

66. *Галлямова, Т.Р.* Повышение эффективности и равномерности освещения рабочей поверхности на примере птичника : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" : дис. канд. тех. наук / Галлямова Татьяна Ратмировна. – М., 2016. – 140 с. – EDN YJGBBD.

67. *Галлямова, Т.Р.* Задачи исследования и конструирования светотехнических характеристик светодиодных светильников / Т.Р. Галлямова, А.А. Сапаев, Н.П. Кочетков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии.

68. *Галлямова, Т.Р.* Моделирование оптимального светораспределения идеализированного светильника в продольной плоскости / Т.Р. Галлямова, И.М. Новоселов, Т.А. Широбокова // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 8-й Международной научно-технической конференции. ГНУ ВИЭСХ : М.:, 2012.. - С. 193-197.

69. *Галлямова, Т.Р.* Светодиодный осветительный прибор / Т.Р. Галлямова, Н.П. Кочетков, Т.А. Широбокова, И. И. Иксанов // Наука, инновации и образование в современном АПК : материалы Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. - С. 146-149.

70. *Галлямова, Т. Р.* Критериальная оценка оптимального расположения продольных линий светильников при напольном содержании птицы / Т. Р. Галлямова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 3(52). – С. 41-47. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-3-41-47. – EDN CJUJHY.

71. *Гончарова, Л. Н.* Влияние различных источников освещения на яичную продуктивность кур-несушек / Л. Н. Гончарова / Вестник Алтайского государственного аграрного университета 2016. № 11 (145), С. 95-98.
72. *Горбатюк, Д. А.* Светодиоды в наружном освещении/ Д.А. Горбатюк // Энергосовет. – 2011- № 2(15).- С.41-42.
73. ГОСТ 25179-90 Молоко. Методы определения белка. [Электронный ресурс]- Режим доступа <https://cntd.ru/document/1200021664>. (дата обращения 02.05.2017).
74. ГОСТ Р 54350–2015. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. М.: Изд. стандартов.2015 г.
75. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. – М. : МСХ РФ, 2012. – 204 с.
76. *Гречанов, А. П.* Эффективные режимы освещения в птичнике/ А.П. Гречанов // Сучасне птахівництво, 2005. - №5. – С. 32-34.
77. *Гридин, В. Ф.* Параметры микроклимата коровника при беспривязной технологии в различные сезоны года / В. Ф. Гридин, Р. С. Тягунов // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 11-2(106). – С. 25-26. – EDN RBHZDB.
78. *Гутцайт, Э.М.* Расчеты светодиодных модулей для местного освещения / Э.М. Гутцайт, А.Е. Кранопольский, Д.В. Милютин // Светотехника, 2007, № 4. – С. 52-56.
79. *Давыдов, В. М.* Ресурсосберегающие технологии производства птицеводческой продукции/ В. М. Давыдов, А. Б.Мальцев, И. П. Спиридонов.// - Омск, 2004. - 352 с.
80. *Дал, Д.* Влияние освещения и светового режима на продуктивность и здоровье [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov\\_id=106&id](http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=106&id) (дата обращения: 1.01.2017).
81. *Ерошенко, Г. П.* Эксплуатация электрооборудования : учебник / Г. П. Ерошенко, Н. П. Кондратьева. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с.

82. *Жилинский, Ю.М.* Электрическое освещение и облучение в сельскохозяйственном производстве / Ю.М. Жилинский, И.И. Свентицкий. М.: Колос, 1968. - С. 111 - 114, 166 - 168.

83. *Заболотников, А.А.* Справочник птицевода / А.А. Заболотников. - М.: Моск. рабочий, 1984. - 255 с.

84. *Зелятров, А.* Влияние различных световых режимов на продуктивность бройлеров./А. Зелятров// Достижения сельскохозяйственной науки и практики. Сер. Животноводство и ветеринария. 1982. №6. - С. 18-27.

85. *Зонов, М.* Прерывистое освещение при выращивании цыплят-бройлеров / М. Зонов // Птицеводство. 2009. № 2. – С. 29-32.

86. Зоогигиенические требования к строительству современных коровников [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/188/117554.php>. - Заглавие с экрана (дата обращения 02.03.2015).

87. Запрет на лампы накаливания 100 Вт и выше с 2011 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://a-shkolnikov.livejournal.com/176484.html>. - Заглавие с экрана. – (Дата обращения 02.03.2019).

88. *Изаков, Ф.Я.* Планирование эксперимента и обработка опытных данных: Учебное пособие./ Ф.Я. Изаков// - Челябинск: ЧГАУ, 2003. – С. 103.

89. *Иксанов, И. И.* Моделирование светодиодного освещения животноводческих помещений с использованием DIALux / И. И. Иксанов, Т. А. Широбокова // Теория и практика - устойчивому развитию агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 17–20 февраля 2015 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 126-129.

90. *Иксанов, И. И.* Оценка эффективности внедрения светодиодных светильников для освещения коровника с привязным содержанием коров / И. И. Иксанов, Т. А. Широбокова // Инновационные направления развития энергетики АПК : материалы Всероссийской научно-практической конференции,



посвященной 40-летию факультета энергетики и электрификации, Ижевск, 25 октября 2017 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 49-52.

91. *Иксанов, И. И.* Пути повышения продуктивности и эффективности энергосбережения в животноводческих помещениях / И. И. Иксанов, Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова, М. А. Лошаков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1(38). – С. 40-42.

92. *Иксанов, И. И.* Светодиодный осветительный прибор с улучшенными техническими характеристиками для ферм КРС : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.02 / Иксанов Ильшат Ильдарович; [Место защиты: Кубан. гос. аграр. ун-т]. — Краснодар, 2019. — 171 с. : ил..

93. *Иксанов, И.И.* Моделирование светодиодного освещения животноводческих помещений с использованием DIALux / И.И. Иксанов, Т.А. Широбокова, // Материалы международной научно-практической конференции «Теория и практика устойчивому развитию агропромышленного комплекса». – Ижевск. ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. - С. 126-129.

94. Интегрированный комплекс МЭК 61131-3 программирования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=html>. - Заглавие с экрана. – (Дата обращения 02.03.2020).

95. Инновационные энергосберегающие электроустановки для предприятий АПК Удмуртской Республики / Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин, Е.А. Козырева, И.В. Решетникова, В.А. Баженов, В.М. Литвинова // Инженерный вестник Дона. - 2013. - Т. 25. - № 2 (25). - С. 39.

96. Исследование уровня освещенности в телятнике / Г. Н. Самарин, А. Н. Васильев, А. Ю. Шибанов, Е. В. Галузо // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 25-28. – EDN YTHPBVJ.

97. Источники искусственного освещения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-116990.html>. – Заглавие с экрана. (дата обращения 16.03.2015).

98. *Йозеф, М.* OSRAM о будущем бизнеса в светотехнической отрасли / М. Йозеф // Светотехника - 2011. - №1. С. 59-61.

99. *Кавтарашвили, А. Ш.* Его величество свет - основополагающий фактор в яичном птицеводстве / А. Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. - 2007. - № 5. - С. 45-47.

100. *Кавтарашвили, А. Ш.* Прерывистое освещение кур во втором цикле продуктивности / А. Ш. Кавтарашвили, П. Риджал // Передовой науч.-произв. опыт в птицеводстве: Экспресс-информ. Всерос. н.-и. и технол. ин-т птицеводства. -2001. - № 2. - С. 10-12.

101. *Кавтарашвили, А.Ш.* Новый способ светодиодного освещения/ А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов // Животноводство России. – 2011. - №7. - С. 15-16.

102. *Кавтарашвили, А.Ш.* Рациональный возраст кур современных яичных кроссов при начале световой стимуляции / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, Т.Н. Колокольникова / Птицеводство. - 2014, № 2. - С. 43-46.

103. *Кавтарашвили, А.Ш.* Что нужно учитывать при разработке и использовании прерывистых световых программ в яичном птицеводстве / А. Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. - 2001. - №10. – С. 50 – 51.

104. *Кавтарашвили, А.* Какое освещение лучше для яичных кур? / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова // Птицеводство № 6. 2011 г. С. 17-19.

105. *Кавтарашвили, А.* Светодиодное освещение при содержании родительского стада / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова // Птицеводство. – 2012 г. №5 - С. 15-17.

106. *Кавтарашвили, А. Ш.* Живая масса кур промышленного стада при начале световой стимуляции. / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов // Птицеводство. - 2015 г. - №2 - С. 9-13.

107. *Кавтарашвили, А. Ш.* Когда начать световую стимуляцию яичных кур промышленного стада. / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Т. Колокольникова // Птицеводство - 2014 г. - №5 - С. 10–118.

108. Капаркалейс, А. Е. Выращивание ремонтных молодок / А.Е. Капаркалейс // Птицеводство. - 1977. - №11. - С. 30-31.

109. Казаков, А. В. Влияние светового режима на рост и развитие молодняка сельскохозяйственных животных и птицы / А. В. Казаков // Зоотехния. 2008. № 10. С. 26–28.

110. Казаков, А. В. Влияние светового режима на продуктивность лактирующих коров / А. Казаков // Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – № 3. – С. 12–13.

111. Казаков, А.В. Влияние регулируемого освещения на продуктивные качества и поведения бычков/ Казаков А.В. Чурмасов А.В. //Сб. научн. тр. Нижегородской ГСХА.– Н.Новгород.- 1999, - С. 183-185.

112. Казаков, А.В. Возможности повышения эффективности осветительных и облучательных установок в животноводстве / А.В. Казаков, Б.Н. Орлов //Вестник ФГОУ ВПО МГАУ - №3, 2013 г. С. 11-13.

113. Казаков, А. В. Особенности применения источников света в животноводстве / А.В. Казаков, А.В. Чурмасов //Материалы научной конференции ГУ НИИСХ. – г. Киров. – 2008. С. 55 – 60.

114. Каталог светотехнической продукции. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.isb18.ru/shop/> Дата обращения (17.04.2020).

115. Каталог фирмы Фокус. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.ledsvet.ru](http://www.ledsvet.ru) Дата обращения (17.04.2020).

116. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки. / Г. М. Кнорринг. //М. Энергоатомиздат, 1982. – С. 288.

117. Кнорринг, Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения./ Г.М. Кнорринг. –: Энергия, 1973. - 288 с.

118. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектировщиков электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. - СПб.: Энергоатомиздат, 1992. - 449 с.

119. Коваленко, О.Ю. Возможности повышения эффективности осветительных и облучательных установок в животноводстве/О.Ю. Коваленко//Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. №3, 2008 г. С. 39-42.

120. *Коваленко, О.Ю.* Облучение сельскохозяйственных животных для увеличения их продуктивности// О.Ю. Коваленко, Светотехника. – 2004. – № 5. – С 20-22.

121. *Кожевникова, Н.Ф.* Применение оптического излучения в животноводстве/ Н.Ф. Кожевникова, Л.К. Алферова, А.К. Лямцов. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 88 с.: ил.

122. *Козинский, В.А.* Электрическое освещение и облучение. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.

123. Количество солнечных часов и дней в году по городам России. Инфографика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://aif.ru/society/nature/kolichestvo\\_solnechnyh\\_chasov\\_i\\_dney\\_v\\_godu\\_po\\_gorodam\\_rossii\\_infografika/](https://aif.ru/society/nature/kolichestvo_solnechnyh_chasov_i_dney_v_godu_po_gorodam_rossii_infografika/)- Заглавие с экрана (дата обращения 16.01.2022).

124. *Кондратьева, Н. П.* Влияние оптического излучения различного спектра на сельскохозяйственных животных / Н. П. Кондратьева, Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, М. А. Чепкасова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции в 3 томах, Ижевск, 14–17 февраля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия".– Ижевск, 2017. – С. 265 - 268.

125. *Кондратьева, Н. П.* Разработка программы управления ПЛК для регулирования параметров микроклимата на предприятиях АПК / Н. П. Кондратьева, Т. А. Широбокова, И. Р. Ильясов // Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 27–29 октября 2015 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 197 - 199.

126. *Кондрашин, А. С.* Уменьшение негативного влияния синего излучения белых светодиодов / А. С. Кондрашин, А. А. Ашрятов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники: Труды Всероссийской студенческой

научно-технической конференции, Воронеж, 14–15 мая 2018 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2018. – С. 100-104. – EDN XUMGTB.

127. *Консволь, Н.* Больше света в коровник/Н. Консволь// Новое сельское хозяйство. 2007. №5 – С. 6–9.

128. *Коняев, Н.В.* Новое в освещении/ Н.В. Коняев, Н.И Коняева // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно - практической конференции. - Курск, 2014.- С. 60-63.

129. *Кочетков, Н.П.* Модернизация системы освещения птичника / Н.П. Кочетков, И.М. Новоселов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – №1. – С. 10-11.

130. *Кочетков, Н.П.* Режимы питания ламп осветительных и облучательных установок в сельском хозяйстве : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" : дис. канд. тех. наук / Н. П. Кочетков. – Челябинск, 1997. – 262 с. – EDN PZWKUH.

131. *Кочетков, Н.П.* Определение кривой силы света, обеспечивающей равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности / Н.П. Кочетков, Т.А. Широбокова, Т.Р. Галлямова // Достижения науки и техники АПК. -2013.- №8 – С. 64-67.

132. *Кочетков, Н.П.* Оценка эффективности светильников с разными типами кривых сил света / Н.П. Кочетков, Т.А. Широбокова, Т.Р. Галлямова // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2013. - № 06. – С. 67-69.

133. Крупно рогатый скот [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Крупный\\_рогатый\\_скот](https://ru.wikipedia.org/wiki/Крупный_рогатый_скот). - Заглавие с экрана – (дата обращения 02.03.2015).

134. *Кудрин, М.Р.* Анализ микроклимата в помещении для ремонтных телок/ М.Р. Кудрин, Л.А. Шувалова, А.В. Костин [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (181). С. 104-111.

135. *Кудрявцев, А.П.* Влияние света на продуктивность животных: Учебное пособие / А.П. Кудрявцев, Л.В. Чащегорова // Иркутск: ИСХИ, 1986. - 48 с.

136. *Кузьмина, Т.Н.* Эффективное оборудование и способы освещения при содержании птицы / Т.Н. Кузьмина, В.А. Гусев, А.В. Скляр // Техника и оборудование для села. - 2016. - №7. – С. 25-29.

137. *Карпов, В. Н.* Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК : Прикладная теория и частные методики / В. Н. Карпов, С. А. Ракутько. – Санкт-Петербург : СПб., 2010. – 100 с. – ISBN 978-5-85983-006-8. – EDN RBVELZ.

138. *Кунгс, Я. А.* Светодиодное освещение технологических и жилых помещений агропромышленного комплекса / Я.А. Кунгс, Р.А. Паникаев, Н.В. Цугленок; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010.

139. *Лошкарев, И. Ю.* Использование видимого спектра искусственного освещения для коров дойного стада / И. Ю. Лошкарев, Т. А. Широбокова // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18, № 1(127). – С. 117-125. – DOI 10.35679/1991-9476-2023-18-1-117-125. – EDN RTBJLZ.

140. *Лишик, С.И.* О светодиодных лампах прямой замены / С.И. Лишик, А.А. Паутино, В.С. Поседько, Ю.В. Трофимов, В.И. Цвирко // Светотехника. – 2010. – №1. – С. 47-50.

141. *Лямцов, А.К.* Нормирование освещения ферм / А. К. Лямцов, Г. А.Тищенко, В. М.Юрков, С. Б.Гаршин // Ж.: Свиноводство, 1976, № 7

142. *Лямцов, А.К.* Выбор параметров светильников со светодиодными лампами для освещения птицы при клеточном содержании / А.К. Лямцов, В.В. Малышев, К.М. Гришин // Вестник ВИЭСХ. – 2012. – №3(8). – С. 43-46.

143. *Лопаева Н.Л.* Влияние освещенности на яичную продуктивность птицы / Н.Л. Лопаева // Аграрный вестник Урала. – 2015. – №6. – С. 61-64.

144. *Маркина, Е. А.* Разработка макетного образца многофункционального светового прибора с применением светодиодов и исследование его характеристик / Е. А. Маркина, А. А. Ашрятов // Материалы XXII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева : Материалы конференции. В 3-х частях, Саранск, 25 сентября – 01 2018 года / Составитель А.В. Столяров; ответственный за выпуск П.В. Сенин. –

Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2019. – С. 191-197. – EDN VXQCKC.

145. *Мартынова, Е. Н.* Влияние показателей микроклимата на молочную продуктивность коров в животноводческих помещениях различного типа / Е.Н. Мартынова, Е.А. Ястребова// Научное обеспечение развития АПК в современных условиях: – Материалы Всероссийской научно практической конференции (15–18 февраля 2011 г.) Т. II; ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2011. – С. 145-148.

146. Максимально возможный КПД и срок службы светодиодов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://beautifulreef.ru/library/12/2/>- Заглавие с экрана. – (Дата обращения 02.03.2022).

147. *Мельников, С.В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. // – 2 е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, Ленингр. отделение, 1980. – 168 с.

148. Михалев, А. А. Разработка системы освещения птицеводческих помещений на основе светодиодных светильников и резонансного источника питания : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" : автореф. дис. канд. техн. наук / Михалев Александр Александрович. – М., 2014. – 23 с. – EDN ZPHCHX.

149. Методы повышения эффективности использования электрической энергии в животноводстве / А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко, Е. В. Тимофеев, В. А. Размук // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – № 89. – С. 23-32. – EDN XAGHCV.

150. *Мешков, В.В.* Основы светотехники /В.В. Мешков. – М.: Энергия, 1979.-368 с.

151. *Мжельский, Б.И.* Основы теории оптимизации. Учебное пособие:/ Б.И. Мжельский, Е.Б. Мжельская // – М.:МЭИ, 2001.–80 с.

152. Микроклимат в помещениях для содержания крупного рогатого скота [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://piginfo.ru/article/?ELEMENT\\_ID=6029](http://piginfo.ru/article/?ELEMENT_ID=6029). - Заглавие с экрана (дата обращения 02.03.2015).

153. Мишанов, А. П. Цифровой светодиодный светильник с регулируемым спектром / А. П. Мишанов, Е. Н. Ракутько, С. А. Ракутько // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(66). – С. 125-134. – DOI 10.24412/2078-1318-2022-1-125-134. – EDN OUCNAN.

154. Молочный анализатор качества молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.biomer.ru/index.php?part=production&item\\_id=341](http://www.biomer.ru/index.php?part=production&item_id=341) – Заглавие с экрана (дата обращения 02.03.2016).

155. Мусатова, О.В. Влияние различных уровней и источников света на продуктивные качества лактирующих коров / О.В. Мусатова. – Уфа, 2014.

156. Набатчикова, М. А. Эффективность применения термоэлектрического эффекта в светодиодном светильнике / М. А. Набатчикова, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова // Аграрное образование и наука - в развитии животноводства : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Любимова Александра Ивановича. В 2 томах, Ижевск, 20 июля 2020 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – С. 123-126.

157. Никитин, Ю. А. Доктринальные аспекты продовольственной безопасности государства / Ю. А. Никитин, М. Г. Порвадов // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. – 2020. – № 1(53). – С. 79-85. – EDN EUXXCL.

158. Новицкий, П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. //– Л.: Энергоатомиздат, 1999. – 248 с.

159. Новоселов, И. М. Ожидаемая экономическая оценка использования светодиодных светильников в птичнике промышленного стада кур-несушек / И. М. Новоселов, Т. А. Широбокова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3(28). – С. 40-41.

160. Новоселов, И.М. Обоснование эффективности технологического светодиодного освещения промышленного стада кур – несушек кросса «Хайсекс - Браун» автореф. дис. ... канд. техн. наук / И.М. Новоселов - Ижевск, 2011. - 20 с.



161. Новоторов, Е.Н. Продуктивные качества промышленных кур-несушек при различных источниках освещения. автореф. дис. канд. техн. наук: 06.02.04 / Новоторов Евгении Николаевич – Сергиев Посад: ГНУ ВНИТИП, 2008.

162. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий НТП – АПК. 1.10.05.001-01; Разработаны ФГУП «Научно-исследовательский и проектный институт агропромышленного комплекса».- М.: Министерство сельского хозяйства российской федерации, 2001.

163. Овчукова, С. А. Применение оптического излучения в сельскохозяйственном производстве : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве", 05.09.07 "Светотехника" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Овчукова Светлана Александровна. – Москва, 2001. – 351 с. – EDN NLXULB.

164. Овчукова, С. А. Усовершенствование технологий и методов контроля искусственного облучения птицы / С. А. Овчукова, В. В. Белов, Ю. Н. Семенов // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики : материалы XII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в рамках III Всероссийского светотехнического форума с международным участием, Саранск, 28–29 мая 2015 года / Ответственный редактор О. Е. Железникова; Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева. – Саранск: Индивидуальный предприниматель Афанасьев Вячеслав Сергеевич, 2015. – С. 274-277. – EDN UJCWGF.

165. Овчукова, С. А. Экономия электроэнергии в световых технологиях сельскохозяйственного производства / С. А. Овчукова, Н. П. Кондратьева, О. Ю. Коваленко // Светотехника. – 2020. – № 6. – С. 68-70. – EDN TANTWB.

166. Оптоэлектроника светодиодов: Учебное пособие / составители В.Е. Бугров, К.А. Виноградова. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 174 с.

167. Освещение в коровнике [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sibangar.ru/> 81 (дата обращения 16.01.2012).

168. Освещение для Агропрома [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.enimlighting.com/ru/agricultural-lighting> (дата обращения 16.01.202).

169. Обновленные версии приборов ПЛК63 (M01), ТРМ132М (M01), ТРМ133 (М). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kip59.ru/novosti/obnovlennye--versii-priborov-plk63-m01-trm132m-m01/> (Дата обращения 5.01.2024).

170. Освещение птичников за рубежом 1 часть. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://poultrylight.ru/archives/420> (Дата обращения 16.01.2022) (Дата обращения 16.01.2022).

171. Отраслевые строительные нормы, нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений ОСН-АПК 2.10.24.001-04. Дата введения 2004-12-01. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/bcd/4293853695.pdf> (дата обращения 5.01.2022).

172. Официальные статистические показатели. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> Потребление основных продуктов питания (в расчете на душу населения). - Заглавие с экрана (дата обращения 16.01.2022).

173. Оценка продовольственной безопасности России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prodovolstvennoy-bezopasnosti-rossii-2/viewer> (дата обращения: 8.01.2019).

174. Павлова, И. Э. Об эффективности продовольственного эмбарго как ответной меры в отношении стран запада [Электронный ресурс] / И. Э. Павлова, М. Н. Мыньо // Молодой ученый. — 2015. — №12. — С. 471-473. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/92/20358/> (дата обращения: 20.07.2018).

175. Пат. 132859 Российская Федерация, МПК F21L 17/00 Светодиодный осветительный прибор / Широбокова Т.А., Галлямова Т.Р., Кочетков Н.П.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - № 2013116823/07 ; заявл. 12.04.2013 ; опубл. 27.09.2013. Бюл. № 27. - 2 с.

176. Пат. 82935 Российская Федерация, H01L 33/00 Светодиодный осветительный прибор / Абдулаев О.Р., Якунин А. С., Вансков В. П., Геращенко Ю.С.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Оптрон" (RU). - 2008138156/22, 25.09.2008; опубл. 10.05.2009.

177. Патент на полезную модель № 120307 U1 Российская Федерация, МПК H05B 37/02. Регулируемая система освещения (варианты) : №

2011153583/07 : заявл. 28.12.2011 : опубл. 10.09.2012 / Л. Ю. Юферев, А. А. Прокопенко, Л. К. Алферова [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИЭСХ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ), Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИВСТЭ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ). – EDN VCNFTG.

178. Пат. № 157781 Российской Федерации. МПК F21V 8/00. Светодиодный осветительный прибор / И.И. Иксанов, Т.А. Широбокова, С.И. Юран. – Оpubл. 10.12.2015. Бюл. № 34.

179. Пат. на полезную модель № 203834 U1 Российская Федерация, МПК F21S 8/00, F21V 7/00. Светодиодный осветительный прибор : № 2020134176 : заявл. 16.10.2020 : опубл. 22.04.2021 / Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова, И. И. Иксанов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия".

180. Пат. № 2752953 C1 Российская Федерация, МПК A01G 7/00, G01N 21/35. Способ определения стабильности развития растений : № 2020123106 : заявл. 13.07.2020 : опубл. 11.08.2021 / С. А. Ракутько, Е. Н. Ракутько ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". – EDN NAIRZW.

181. Пат. № 245376 Российской Федерации. МПК F21V8/00. Светильник для искусственного освещения помещений и/или клеток для содержания птицы и способ искусственного освещения помещений и/или клеток для содержания птицы/ Наумов Д. А., Швецов В. В., Шишкин В. Д. заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Резерв". Опубликовано: 20.06.2012.

182. Пат. № 2608065 Российская Федерация, МПК A01K 1/00. Способ определения и оценки тепловых условий в зонах обогрева и содержания молодняка животных : № 2015102750 : заявл. 29.01.2015 : опубл. 12.01.2017 / А. В. Кузьмичев, Д. А. Тихомиров, И. А. Кузьмичев, Г. В. Кошелев ; заявитель

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). – EDN JXPHSA.

183. ПЛК63 программируемый контроллер для локальных систем с экраном в корпусе на DIN-рейку [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk63?ysclid=m3t66gqvfp706806289> (дата обращения 15.09.2017).

184. Пат. на полезную модель № 159705 U1 Российская Федерация, МПК F21S 13/00. Светодиодный светильник для равномерного освещения рабочей поверхности птичника : № 2014149314/07 : заявл. 08.12.2014 : опубл. 20.02.2016 / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия".

185. Пат. на полезную модель № 186331 U1 Российская Федерация, МПК F21S 6/00. Переносной светодиодный осветительный прибор : № 2018119082 : заявл. 24.05.2018 : опубл. 16.01.2019 / А. А. Ашрятов, Е. А. Маркина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева". – EDN GYRFBK.

186. Пат. на полезную модель № 191976 U1 Российская Федерация, МПК F21S 4/00. Светодиодный осветительный прибор с использованием термодары : № 2019106261 : заявл. 05.03.2019 : опубл. 29.08.2019 / М. А. Чепкасова, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия".

187. *Пильщикова, Ю.А.* Влияние комбинированного излучения на молодняк птицы / Ю.А. Пильщикова, О.Ю. Коваленко, С.А. Овчукова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 2. С. 29-31.

188. Пильщикова, Ю. Алексеевна Повышение эффективности облучательной установки для птицеводства : дис. канд. техн. наук : 05.09.07 / Пильщикова Юлия Алексеевна. — Саранск, 2014. — 152 с.

189. *Пильщикова, Ю.А.* Моделирование относительной спектральной чувствительности органа зрения биообъекта для оценки эффективности источников излучения / Ю.А. Пильщикова, О.Ю. Коваленко, Е.Д. Гусева, М.В. Кудашкина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – С. 22-29.
190. *Полищук, А.Г.* Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений / А.Г. Полищук// СТА-ПРФСС. 2009. № 7. – С. 20–22.
191. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» [Электронный ресурс].: Законодательство России:–Режим доступа: <http://www.ips.pravo.gov.ru> (дата обращения 15.09.2017).
192. Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 N 426 (ред. от 13.11.2019) О федеральной целевой программе исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы [Электронный ресурс].: Консультант плюс: сайт – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_146773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146773/)(дата обращения 15.09.2017).
193. Президентский Проект «Новый свет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа.: <https://docplayer.ru/29780412-Prezidentskiy-proekt-novyy-47svet.html> (дата обращения 15.09.2017).
194. Прогноз развития животноводства в Российской Федерации до 2025 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://vniiein.ru/wp-content/uploads/2015/11/ Prognoz-razvitiya-zhivotnovodstva-RF-do-2025-g..pdf/](http://vniiein.ru/wp-content/uploads/2015/11/Prognoz-razvitiya-zhivotnovodstva-RF-do-2025-g..pdf/). - Заглавие с экрана. – (дата обращения 28.01.2015).
195. Прогноз развития рынка светодиодов, используемых для освещения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.foconsult.ru/publications/i101-prognoz-razvitiya-rynka-svetodiodov-ispolzuemyh-dlya.html> (дата обращения 15.09.2017).

196. Постепенный отказ от ламп накаливания [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.ruwiki.ru/wiki> (дата обращения 8.02.2022).

197. Продовольственная независимость РФ в условиях антироссийских санкций: динамика производства сельскохозяйственной продукции [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://research-journal.org/economical/prodovolstvennaya/> (дата обращения 8.01.2019).

198. Пути повышения продуктивности и эффективности энергосбережения в животноводческих помещениях / И.И. Иксанов, Т.Р. Галлямова, Т.А. Широбокова, М.А. Лошаков // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 1. - С. 40-42.

199. Программа управления освещенностью в животноводческом помещении / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко, Саратов, 25 апреля 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 329-334. – EDN KMYWKC.

200. *Ракутько, С. А.* Энергосберегающий фитооблучатель с цифровой системой управления / С. А. Ракутько, Е. Н. Ракутько // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 1(34). – С. 21-26. – EDN OHFCIH.

201. Разработка ресурсо- и энергосберегающего электрооборудования для реализации энергоэффективных электротехнологий для воздействия на биологические объекты / Н. П. Кондратьева, Д. В. Бузмаков, А. С. Осокина [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 3(24). – С. 39-49. – EDN RQYJGL.

202. *Ри, М.* Циркадная фотобиология: новые горизонты практической и теоретической светотехники / М. Ри, М. Фигуэро, Д. Баллоу // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 4. – С. 58–63.

203. Разработка цифровой автоматизированной системы управления для реализации энергоэффективного освещения / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин,

М. Л. Туктарев, М. Г. Краснолуцкая // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 95-6. – С. 66-68. – DOI 10.18411/trnio-03-2023-289. – EDN KERNPX.

204. Разработка электрической модели светодиода в среде Multisim / С. С. Капитонов, Н. Н. Беспалов, А. В. Капитонова [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 99-102. – EDN TMHTSJ.

205. Расчет конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора с улучшенными техническими характеристиками для ферм КРС / С. М. Бакиров, П. В. Дородов, И. И. Иксанов [и др.] // Агропромышленный комплекс в ногу со временем : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 15 ноября 2023 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. – С. 388-392. – EDN XGUQQY.

206. Рекомендации по работе с кроссом «РОСС 308» («Хайсекс Коричневый»). - Еврибрид, Представительство в Москве. - М.: Колос. -78 с.

207. Российская федерация. Законы. О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации: [от 06.08.2014 г. № 560] [Электронный ресурс] // Профессиональная справочная система «Кодекс». Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / URL: <http://docs.cntd.ru/document/420212227> (дата обращения: 20.07.2018).

208. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.: одоб. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.] ред. от 10.03.2018 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:// <https://fzakon.ru/laws/fede/> Заглавие с экрана. – (Дата обращения 29.10.2018).

209. Самарин, Г. Н. Исследование освещенности в телятнике / Г. Н. Самарин, А. Ю. Шибанов, Е. В. Галузо // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 2(27). – С. 25-28. – EDN VAQNWA.

210. Самарин, Г. Н. Исследование параметров освещения внутри животноводческого помещения / Г. Н. Самарин, А. Ю. Шибанов, Е. В. Галузо // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения : сборник

научных трудов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. – С. 379-381. – EDN YUBVRS.

211. Самарин, Г. Н. Освещение животноводческого помещения / Г. Н. Самарин, Е. В. Галузо, Л. А. Дворецкий // Проблемы инновационного развития АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Великие Луки, 13–14 апреля 2017 года. – Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 142-146. – EDN ZETHPJ.

212. Самарин, Г. Н. Совершенствование микроклимата телятника СПК-колхоз «Красное знамя» Новосокольнического района путем применения светодиодного освещения / Г. Н. Самарин, А. Ю. Шибанов // Проблемы инновационного развития АПК: материалы международной научно-практической конференции, Великие Луки, 13–14 апреля 2017 года. – Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 133-136. – EDN ZETHNB.

213. Сарычев, Г.С. Облучательные светотехнические установки / Г.С. Сарычев – М.: Энергоатомиздат, 1992. - 241 с.

214. Связь коэффициента неравномерности освещения с мощностью ламп / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, О. В. Карбань // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции. В 2 томах, Ижевск, 15–18 февраля 2022 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – Том I. С. 248-252. – EDN VDAGWW.

215. Свет в коровнике – эпоха светодиодов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://agro-profi.ru/2018/08/28/light-in-the-cattle-barn-the-led-era/>. - Заглавие с экрана. ( Дата обращения 01.03.2015).

216. Светильники Гелан. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://poultrylight.ru/archives/146>– (Дата обращения 01.03.2015).



217. Светодиодное освещение для птичника МУУС-15.20 Светодиодные системы освещения Фокус Поволжье [Электронный ресурс]. - Режим доступа <https://www.focus-light.ru/catalog/> (дата обращения 01.03.2015).

218. Сравнительный анализ продукции ведущих производителей белых светодиодов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://led-e.ru/svetodiod/white/> (дата обращения 01.03.2015).

219. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617923 Российская Федерация. Программа расчета оптимального числа светодиодов в системе освещения птичника: № 2015610101: заявл. 12.01.2015 : опубл. 24.07.2015 / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

220. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619490 Российская Федерация. Система управления освещением : № 2021618522 : заявл. 03.06.2021 : опубл. 10.06.2021 / С. Ю. Загуменов, Т. А. Широбокова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет". – EDN NLXXXL.

221. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660526 Российская Федерация. Программа теплового расчета светодиодного светильника : № 2021619890 : заявл. 24.06.2021 : опубл. 28.06.2021 / Т. А. Широбокова, А. В. Смолин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет". – EDN DPPSHE.

222. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617923 Российская Федерация. Программа расчета оптимального числа светодиодов в системе освещения птичника : № 2015610101 : заявл. 12.01.2015 : опубл. 24.07.2015 / Т. Р. Галлямова, Т. А. Широбокова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

профессионального образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

223. Сторчевой, В. Ф. Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм / В. Ф. Сторчевой, Н. Е. Кабдин, А. Е. Компаниец // Агроинженерия. – 2020. – № 3(97). – С. 50-54. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-3-50-54. – EDN JKQSOC.

224. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617039 Российская Федерация. Программа расчета оптимального числа светодиодов в системе освещения животноводческого помещения : № 2017612191 : заявл. 17.03.2017 : опубл. 21.06.2017 / Т. А. Широбокова, Е. В. Ветчанин, И. И. Иксанов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

225. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662028 Российская Федерация. Программа регулирования освещенности для птицеводческих помещений : № 2018615277 : заявл. 25.05.2018 : опубл. 25.09.2018 / И. А. Баранова, Т. А. Широбокова, С. Д. Батанов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия».

226. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617215 Российская Федерация. Программа для автоматического регулирования систем освещения : № 2022615469 : заявл. 30.03.2022 : опубл. 19.04.2022 / Т.А. Широбокова, И.Г. Пospelова, Е.А. Мыльников, К.С. Иксанова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN GYSOOE.

227. Совершенствование теории светотехнического расчета для сельскохозяйственного производства / М. В. Попов, С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 7. – С. 125-131. – DOI 10.28983/asj.y2024i7pp125-131. – EDN GYDDHX.

228. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662724 Российская Федерация. Программа расчета распределения освещенности точечным методом : № 2020661423 : заявл. 05.10.2020 : опубл. 16.10.2020 / С. В. Прытков, А. А. Ашрятов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». – EDN XTJWNZ.

229. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022669550 Российская Федерация. Программа расчета оптимальных параметров осветительных приборов на основе светодиодов : № 2022669222 : заявл. 19.10.2022 : опубл. 21.10.2022 / Т. А. Широбокова, И. Г. Пospelова, С. М. Бакиров [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN GSIPCW.

230. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616800 Российская Федерация. Программа освещения с учетом уровня естественного освещения : № 2024610433 : заявл. 16.01.2024 : опубл. 25.03.2024 / Т. А. Широбокова, П. В. Дородов, С. М. Бакиров [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет». – EDN DZHJFQ.

231. *Селифанов, М.Н.* Качество измерений: метрологическая справочная книга / М.Н. Селифанов, А.Э. Фридман, Ж.Ф. Кудряшова – Л.: Лениздат, 1987. – 295 с.

232. *Селянский, В.М.* Анатомия и физиология сельскохозяйственной птицы / В.М. Селянский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1986. - 272 с.

233. Системы и способы содержания коров [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ya-fermer.ru/sistemy-i-sposoby-soderzhaniya-korov>. - Заглавие с экрана. (дата обращения 02.03.2015).

234. Системы освещения для птичников [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://udmpf.ru/about/common/index.php?print=y>- Заглавие с экрана. (дата обращения 02.03.2015).

235. Совершенствование систем автоматического регулирования освещения в птицеводстве / Н. П. Кондратьева, И. А. Баранова, С. И. Юран [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1(57). – С. 57-67. – EDN ZALIYX.

236. Состояние и перспективы развития отрасли птицеводства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://webmvc.com/show/article/show.php?id=135>- Заглавие с экрана. (дата обращения 02.03.2015).

237. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.М. Кнорринга. – СПб: Энергоатомиздат. 1992. – 448 с.

238. *Степанцов, В.П.* Светотехническое оборудование в сельскохозяйственном производстве / В.П. Степанцов. – Мн.: Ураджай, 1987. – 216 с.

239. *Сырых, Н. Н.* Теоретические основы эксплуатации электрооборудования / Н. Н. Сырых, Н. Е. Кабдин. – М. : Агробизнесцентр, 2007. – 514 с.

240. *Таваров, С.Ш.* Влияние отклонения напряжения на электрические величины осветительных ламп/ С.Ш. Таваров, Г.Х. Маджидов // Международный научно-исследовательский журнал - № 11 (53).- Часть 4. - С.117-119.

241. *Тихомирова, Л. М.* Интенсивный световой режим, как фактор профилактики нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров и телят. Автореферат дис. канд. тех. наук. / Л.М. Тихомирова, 1980, МВ – 26 с.

242. *Тихомирова, Л.И.* Влияние светового режима на коров и телят / Л.И. Тихомирова, П.Д. Колчин // Ветеринария 1978. - № 5. - С. 30-32.

243. *Трембач, В. В.* Физическое и математическое моделирование световых приборов. / В. В. Трембач- М.: Энергия, 1975. – 144с.

244. *Тихомиров, А.А.* Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы./ А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский // Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН. 2000. 213 с.

245. *Трошин, Е. И.* Влияние светодиодов на продуктивность дойных коров / Е. И. Трошин, Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова, Ю. Г. Васильев // Ветеринария. – 2020. – № 2. – С. 54-56. – DOI 10.30896/0042-4846.2020.23.2.54-57.

246. Указ Президента Российской Федерации об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30563> (дата обращения 10.08.2019).

247. *Улимбашев, М.* Ярче свет – больше молока/ М. Улимбашев // Животноводство России. – 2011. – №9. – С. 51.

248. Факторы влияющие на жирность молока у коров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dgivotnovodstvo.narod.ru/ghirnost.moloka.html>. – Заглавие с экрана. (дата обращения 11.11.2017).

249. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – [https://voda.balcomsys.ru/upload/medialibrary/798/opc5ujc623402lpo0h89zggo731df2fx/261\\_FZ-](https://voda.balcomsys.ru/upload/medialibrary/798/opc5ujc623402lpo0h89zggo731df2fx/261_FZ-). – Заглавие с экрана (дата обращения 11.11.2017).

250. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М В 8 т. Т. 5. Электричество и магнетизм. – М.: Мир, 1977. – 300с.

251. *Финни, Д.-Дж.* Введение в теорию планирования экспериментов: Пер. с англ. / Д.-Дж. Финни – М.: Наука, 1970. – 287 с.

252. *Фисинин, В.И.* Инновационные проекты и технологии в мясном птицеводстве/ В.И. Фисинин, Т.А. Столляр, В.С. Буяров //Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2007. – №1(4). – С. 6-12.

253. *Фисинин, В.И.* Реальная экономия электроэнергии/ В. И. Фисинин, А. Лямцов, В. Малышев, К. Гришин //Птицеводство. – 2010. – №12. – С. 10-12.

254. *Фисинин, В.И.* Революционный этап в освещении птицеводческих помещений / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, Д.В. Гладин. // РацВетИнформ. – 2011. – №5. – С. 23–25.

255. *Фисинин, В.И.* Свежий взгляд на важную проблему / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2013. – №4. – С. 12–14.

256. *Фисинин, В.Н.* Светильники на основе светодиодов – будущее в освещении птицеводческих помещений/ В.Н. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов// Птицеводство. – 2010. – № 2. – С. 10–15.

257. *Чаткин, П. Н.* Моделирование схемы включения светодиодов в осветительном приборе в программе Ni Multisim / П. Н. Чаткин, А. А. Ашрятов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 20–21 мая 2019 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2019. – С. 140-144. – EDN QPXJDJ.

258. *Чепкасова, М. А.* Способы применения термоэлектрического эффекта в теплонагруженных элементах / М. А. Чепкасова, Т. А. Широбокова // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IX Международной научно-практической конференции, Саратов, 15–16 апреля 2018 года / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2018. – С. 235-236.

259. *Шабаев, Е. А.* Разработка системы светодиодного освещения в птичнике с клеточным содержанием птицы / Е. А. Шабаев, А. С. Касьянов // Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – № 4(16). – С. 15-21. – EDN RDWVZB.

260. *Шанцин, В. А.* Повышение эффективности электрического технологического освещения птичников родительского стада: диссертация кан. тех. наук : 05.20.02 / В. А. Шанцин. – Волгоград, 2004. – 189 с.

261. *Шашлов, А.Б.* Основы светотехники: учебник для вузов / А.Б. Шашлов. - Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Логос, 2011. – 256 с.

262. *Шибанов, А. Ю.* Корреляция удоя и расхода корма с фактической освещенностью внутри животноводческой фермы / А. Ю. Шибанов, А. Н.

Васильев, Г. Н. Самарин // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4(37). – С. 8 – 12. – EDN ESNBUH.

263. *Широбокова, Т. А.* Моделирование оптимального светораспределения идеализированного светильника в продольной плоскости / Т. А. Широбокова, И. М. Новоселов, Т. Р. Галлямова // Труды Международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – 2012. – Т. 3. – С. 193-197.

264. *Широбокова, Т. А.* Моделирование светодиодного светильника для освещения птичника при напольном содержании родительского стада / Т. А. Широбокова, Н. П. Кочетков, Т. Р. Галлямова // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 52-54.

265. *Широбокова, Т. А.* Осветительный прибор повышенной концентрации светового потока для обеспечения качества освещения продольной составляющей / Т. А. Широбокова // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 4(53). – С. 9-13. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-9-13. – EDN QJLARA.

266. *Широбокова, Т. А.* Моделирование светодиодных светильников с оптимальным температурным режимом работы светодиодов / Т. А. Широбокова, Д. О. Суринский, С. В. Егоров // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № S7. – DOI 10.51419/20217006.

267. *Широбокова, Т. А.* Оценка эффективности использования светоизлучающих диодов различных производителей / Т. А. Широбокова, Д. Г. Поздеев // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, Ижевск, 16–18 октября 2013 года / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – С. 33-37.

268. *Широбокова, Т. А.* Применение термоэлектрического эффекта / Т. А. Широбокова, М. А. Чепкасова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства : материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 13–16

февраля 2018 года / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 102-105.

269. *Широбокова, Т. А.* Разработка экспериментальной установки светодиодного светильника с термоэлектрическим эффектом / Т. А. Широбокова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(65). – С. 62-67. – DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_1\_62.

270. *Широбокова, Т. А.* Расчет конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора / Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(65). – С. 68-73. – DOI 10.48012/1817-5457\_2021\_1\_68.

271. *Широбокова, Т. А.* Светодиодный осветительный прибор для равномерного освещения в продольной и поперечной плоскости / Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов, Т. Р. Галлямова // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 5(15). – С. 74. - 76.

272. *Широбокова, Т. А.* Тепловая модель светодиодного источника света / Т. А. Широбокова, М. А. Чепкасова // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 3(28). – С. 128-133.

273. *Широбокова, Т. А.* Экономическое обоснование энергетической эффективности системы освещения / Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова, М. А. Набатчикова, И. И. Иксанов // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской государственной сельскохозяйственной академией, Ижевск, 11–13 ноября 2020 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 379-383.

274. *Широбокова, Т. А.* Энергетический анализ производства продукции животноводства / Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(61). – С. 72-78. – DOI 10.48012/1817-5457\_2020\_1\_72.

275. *Широбокова, Т.А.* Влияние видимого спектра искусственного излучения на продуктивность дойных коров// Л.А. Шувалова, Т.А. Широбокова,



М.Р. Кудрин, И.И. Иксанов // Известия Горского государственного аграрного университета, 2017. Т. 54.№2. С. 111-116.

276. *Широбокова, Т.А.* Влияние светодиодного светильника на повышение продуктивности дойных коров / Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, И. И. Иксанов, Т. Р. Галлямова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 16–19 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2016. – С. 265-267.

277. *Широбокова, Т.А.* К вопросу о влиянии искусственного освещения на продуктивность животных и птицы / Л.А. Шувалова, Т.А. Широбокова, И.И. Иксанов// Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – С. 131-133.

278. *Широбокова, Т.А.* Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях / Т.А. Широбокова, И.Ю. Лошкарев, Н.Н. Белова //Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47-50.

279. *Широбокова, Т.А.* Методика расчета геометрических параметров светодиодного светильника // Т.А. Широбокова, Л.А.Шувалова, [и др.] // Инженерный вестник Дона, 2017. №2(45). С. 78.

280. *Широбокова, Т.А.* Моделирование оптимального светораспределения идеализированного светильника в продольной плоскости / Т.Р. Галлямова, И.М. Новоселов, Т.А. Широбокова // Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве : труды 8-й Международной научно-технической конференции (16–17 мая 2012, Москва). В 5 ч. Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике / Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства. – М., 2012. – С. 193–197.

281. *Широбокова, Т.А.* О влиянии искусственного освещения на продуктивность крупного рогатого скота / Широбокова Т.А., Шувалова Л.А., Иксанов И.И. // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 1 (26). С. 18-22.

282. *Широбокова, Т.А.* Определение параметров светодиодного светильника для освещения животноводческих помещений / Т. А. Широбокова, А. П. Ильин, И. И. Иксанов, Л. А. Шувалова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-1. – С. 25-27.

283. ШИМ-регуляторы мощности: принципы работы, основные характеристики.[Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://kimkit.ru/company/news/shim\\_regulatory\\_moshchnosti\\_printsipy\\_raboty\\_](https://kimkit.ru/company/news/shim_regulatory_moshchnosti_printsipy_raboty_) (дата обращения 01.03.2021).

284. *Широбокова, Т.А.* Оценка эффективности светильников с разными типами кривых сил света / Т.А. Широбокова, Н.П. Кочетков, Т.Р. Галлямова // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 6. – С. 67-69.

285. *Широбокова, Т.А.* Перспективы применения светодиодов в практике животноводства /Т.А. Широбокова, И.И. Иксанов, Т.Р. Галлямова // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: материалы международной научно-практической конференции посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 86-89 с.

286. *Широбокова, Т.А.* Разработка энерго - ресурсосберегающих осветительных установок для АПК / Т. А. Широбокова, И. Г. Пospelова, М. А. Набатчикова, И. И. Иксанов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67. – № 3(40). – С. 95-102. – DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-3-95-102.

287. *Широбокова, Т.А.* Светодиодный осветительный прибор для равномерного освещения в продольной и поперечной плоскости / Т.А. Широбокова, И.И. Иксанов, Т.Р. Галлямова / Инновации в сельском хозяйстве.2015.№ 5(15). С. 74-76.

288. Широбокова, Т.А. Энергосберегающая система освещения животноводческих помещений / Т.А. Широбокова, И.И. Иксанов, А.А. Мякишев, [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2014. – №12. – С. 62-63.

289. Широбокова, Т. А. Цифровая автоматизированная система для поддержания параметров микроклимата / Т. А. Широбокова // менеджмент безопасности жизнедеятельности: перспективы развития и проблемы

преподавания : сборник материалов III открытой Республиканской научно-практической конференции, Гомель, 03 декабря 2021 года. – Гомель: Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2022. – С. 123-126. – EDN KQCECR.

290. *Шуберт, Ф.Е.* Светодиоды/ Ф.Е. Шуберт – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с.

291. *Шувалова Л.А.* Влияние видимого спектра искусственного излучения на продуктивность дойных коров // Л.А. Шувалова, Т.А. Широбокова, М.Р. Кудрин, И.И. Иксанов // Известия Горского государственного аграрного университета, 2017. Т. 54. № 2. С. 111-116.

292. *Шувалова, Л. А.* Взаимосвязь освещенности с продуктивностью животных и птицы / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Аграрная наука - сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах, Ижевск, 12–15 февраля 2019 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2019. – С. 290-295.

293. *Шувалова, Л. А.* Влияние искусственного излучения на организм коров / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Актуальные вопросы зооветеринарной науки : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию доктора ветеринарных наук, профессора, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, ветерана труда Новых Николая Николаевича, Ижевск, 15 мая 2019 года. – Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 175-178.

294. *Шувалова, Л. А.* Влияние светового конька на уровень естественной освещенности / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Аграрное образование и наука - в развитии животноводства : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного работника сельского хозяйства РФ, почетного работника ВПО РФ, лауреата государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Любимова Александра Ивановича. В 2-х томах., Ижевск, 20 июля 2020 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – С. 164-167.

295. *Шувалова, Л. А.* К вопросу о влиянии искусственного освещения на продуктивность животных и птицы / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 16–19 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2016. – С. 131-133.

296. *Шувалова, Л. А.* Система освещения с автоматикой управления для животноводческих помещений / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. В 3-х томах, Ижевск, 28 февраля – 05 2023 года. Том II. – Ижевск: ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, 2023. – С. 118-125. – EDN RDSUHL.

297. *Щетинин, В.П.* Стратегические направления развития агропромышленного комплекса Российской Федерации / В. П. Щетинин // Аналит. вестн. Совета Федерации. – 2018. – № 10 (699). – С. 6-9.

298. Экспериментальные исследования светоотражающего элемента на технические характеристики светодиодного осветительного прибора / С. М. Бакиров, К. С. Иксанова, И. И. Иксанов [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Ижевск, 15–18 февраля 2022 года. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 275-279. – EDN JWMHAI.

299. Электронное устройство для определения уровня освещенности со светодиодной индикацией / О. Ю. Коваленко, М. В. Морозов, Ю. А. Журавлева, С. А. Микаева // XLIX Огаревские чтения : материалы научной конференции: в 3 частях, Саранск, 07–13 декабря 2020 года. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2021. – С. 365-369. – EDN WKWNXG.

300. Электронные регуляторы диспетчеризация и электрические средства управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs>. Заглавие с экрана (дата обращения 02.03.2015).

301. Энергосберегающее оборудование и расчет его параметров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. А. Баранова, К. С. Иксанова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 2(129). – С. 56-64. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-2-56-64. – EDN TISVFQ.

302. Эрк, А.Ф. Результаты энергетического обследования сельхозпредприятий / А.Ф. Эрк, В.Н. Судаченко, В. А. Размук, О.В. Бычкова // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства / ИАЭП. – С-Пб, 2014. – № 85. – С.100-105.

303. Эрк, А.Ф. Структура энергопотребления сельскохозяйственных предприятий/ А.Ф. Эрк, В.Н. Судаченко, О.В. Бычкова //Межд. агропромышленная выставка-ярмарка «Агрорусь». – СПб. 2014. – С. 220-221.

304. Эффективные режимы освещения в птичнике [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://curiatnik.ru/node/20> (дата обращения 02.04.2015).

305. Юрков, В.М. Влияние света на резистентность и продуктивность животных. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 192 с.

306. Юрков, В.М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов / В.М. Юрков. М.: Россельхозиздат, 1985. - 223 с.

307. Юферов, Л.Ю. Энерго-ресурсосберегающие осветительные и облучательные системы и установки сельскохозяйственного назначения на основе резонанной системы электропитания: дис. ... д-ра. техн. наук / Л.Ю. Юферов. – М., 2016. - 430 с.

308. Юферов, Л. Ю. Энергосберегающее освещение сельскохозяйственных помещений и расчет его параметров / Л. Ю. Юферов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15. – № 3. – С. 28-34. – DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-3-28-34. – EDN QJELYC.

309. Юферов, Л.Ю. Повышение эффективности систем освещения и облучения / Д.С. Стребков, Л.Ю. Юферов, Д.В. Александров, А.В. Соколов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. – №1. – С. 13.

310. *Юферев, Л.Ю.* Разработка энерго-ресурсосберегающих систем освещения для с.-х. объектов / Л.Ю. Юферев // Инновации в сельском хозяйстве: электронный журнал ГНУ ВИЭСХ. – 2011. – № 1 (1). – С. 68-73.

311. *Юферев, Л.Ю.* Ультрафиолетовые светодиоды для стимулирования продуктивности животных и птицы/ Л.Ю. Юферев, Л.К. Алферова // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – N4. С. 15-19.

312. *Якимович, Б.А.* Генетические алгоритмы в моделировании систем: моно-графия/Б.А. Якимович, В.А. Тененев//. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, – 2010. – 308 с.

313. Analysis of tungsten halogen lamps characteristics / O. Yu. Kovalenko, Yu. A. Dashkina, Yu. A. Zhuravlyova, S. A. Mikaeva // Light & Engineering. – 2021. – Vol. 29. – No 5-2. – P. 79-84. – DOI 10.33383/2020-083. – EDN DZCJLM.

314. *Ashryatov, A. A.* Energy saving control system development for external lighting / A. A. Ashryatov, V. G. Kulikov, A. V. Panteleyev // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2020. – Vol. 17. – No 3. – P. 1601-1606. – DOI 10.11591/ijeecs.v17.i3.pp1601-1606. – EDN XVHSRK.

315. *Ashryatov, A. A.* Implementation of the flat beam technology in lighting devices using a flat mirror surface / A. A. Ashryatov, D. K. Churakova // Light & Engineering. – 2021. – Vol. 29. – No 3. – P. 50-55. – DOI 10.33383/2021-021. – EDN BYFKFP.

316. Advanced road lighting with innovative Flat Beam® technology for low-level mounting. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thornlighting.com/PDB/resources/teaser/EN/TLG>. Заглавие с экрана (дата обращения 08.03.2022).

317. *Berston, D.M.* Phototransduction retinal ganglion cells that set the circadian clock/ D.M. Berston, F.A. Dunn, Takao Motoharu//Science. February 8. – 2002.

318. *Bespalov, N.N.* Controlled Lighting System Based on LED Light Source /N.N. Bespalov, S.S. Kapitonov, M.V. Ilyin, A.V. Zorkin, A.G. Volkov // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EICONRUS), 2018, pp. 1706.

319. *Barros, S. G.* The effect of linear lighting systems on the productive performance and egg quality of laying hens/ S. G. de Barros, Tarcio A. dos S. Barros, Luiz A. Rossi,, in the Poultry Science, 22 January 2020.

320. *Donald J.* Controlling Light in broiler production./ Donald J., Eckman M., Simpson G – The Alabama Poultry Engineering and Economics. 2000, No.

321. Energy saving system based on heat pump for maintain microclimate of the agricultural objects: Energy saving system for agriculture / Ge. Giedrius, I. G. Ershova, A. N. Vasilyev [et al.] // Handbook of Research on Energy-Saving Technologies for Environmentally-Friendly Agricultural Development. – Hershey, PA, USA : IGI Global, 2020. – P. 60-84. – DOI 10.4018/978-1-5225-9420-8.ch003. – EDN QIQSHL.

322. Energy-saving electric equipment Applied in Agriculture / N. P. Kondrateva, R. G. Bolshin, V. V. Belov, M. G. Krasnolutsckaya // International Science and Technology Conference EastConf, Vladivostok, 01–02 марта 2019 года. – Vladivostok: IEEE Digital Library, 2019. – P. 436-438. – EDN LPOBAO.

323. *Ilimbetov, R. Y.* Modeling LED Lighting System for Horizontal Surface / R. Y. Ilimbetov, T. R. Gallyamova, T. A. Shirobokova // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, Sochi, 06–12 сентября 2020 года. – Sochi, 2020. – P. 500-504. – DOI 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208178.

324. *Purswell, J. L. Linhoss* Effect of Light Intensity Adjusted for Species-Specific Spectral Sensitivity on Live Performance and Processing Yield of Male Broiler Chickens/ J. L. Purswell, H. A. Olanrewaju, and J. E. Linhoss //The Journal of Applied Poultry Research June 2018 DOI: 10.3382/japr/pfy034.

325. *Kammerling, D.* Day light in barn - spectrum specification for light sources in poultry, Berliner und munchener tierarztliche Wochenschrift /D. Kammerling, S. Dohring, C Arndt, R Andersson. //2017, vol. 130, No. 5-6, pp. 210-221.

326. *Kochetkov, N.P.* The lighting device provides uniform lighting horizontal working surface: ORT Publishing /Kochetkov N.P., ShirobokovaT.A., GallyamovaT.R. //4th International Scientific Conference. Stuttgart, 2013, pp. 40-41.

327. *Kondratieva, N.* Light-emitting diode system for meristematic plants radiation, Research in Agricultural Electric Engineering,/ Kondratieva N., Valeev R., Kondratieva M., Litvinova V. //2014, vol. 2, No. 2, pp. 66-68.

328. *Kondratieva, N.P.* Energy-saving technologies and electric equipment applied in agriculture / Kondratieva N.P., Vladykin I.R., Litvinova V.M., Krasnolutsкая M.G., Bolshin R.G.// Research in Agricultural Electric Engineering, 2016, No. 2, pp. 62-68.

329. *Kondratieva, N. P.* Study of operating modes of a controllable lighting system consisting of a triac dimmer and a LED light source with a controllable driver / N. P. Kondratieva, D. A. Filatov, P. V. Terentiev // Light & Engineering. – 2020. – Vol. 28. – No 4. – P. 84-90. – DOI 10.33383/2019-083. – EDN KOXWEX.

330. *Kovalenko O.Y.* Analysis of characteristics of halogen and led automobile lamps / O.Yu. Kovalenko, Y.A. Zhuravlyova // Light & Engineering. 2020. T. 28. № 4. С. 57-62.

331. *Kovalenko, O. Y.* Enhancement of efficiency of irradiation facility for domestic bird husbandry / O. Y. Kovalenko, Y. A. Pilshchikova // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Vol. 8. – No 2. – P. 14473-14479. – EDN WUHMKD.

332. *Kovalenko, O. Y.* Improvement of the irradiation facilities effectiveness / O. Y. Kovalenko, Y. A. Pilshchikova, S. A. Ovchukova // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12. – No S1. – P. 5740-5743. – DOI 10.3923/jeasci.2017.5740.5743. – EDN XXCQBV.

333. Price Expectation [Электронный ресурс]: [www.omslighting.com/ledacademy/337/7-leds-strategy/73-led-price-expectation-](http://www.omslighting.com/ledacademy/337/7-leds-strategy/73-led-price-expectation-). Режим доступа — открытый (дата обращения 07.07.2012).

334. *Lewis, P.D.* Light and lighting for poultry. / Lewis, P.D., Perry, G.C., and Morris T.R. // Proceedings of Poultry Sci. 64:1617-1622.

335. LIGHTCAD – программа для 3D-моделирования освещения, проведения светотехнических расчетов, разработки световых сценариев. Режим доступа: <https://lightcad.com/ru/products/lightcad> (28.04.2024 г.).

336. *Loshkarev, I. Y.* Automation of artificial lighting design for dairy herd cows / I. Y. Loshkarev, T. A. Shirobokova, L. A. Shuvalova // Journal of Physics: Conference Series : The proceedings International Conference "Information Technologies in



Business and Industry", Novosibirsk, 18–20 февраля 2019 года. – Novosibirsk: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 042018.

337. *Loshkarev, I. Y.* Implementation of the energy-saving lighting mode in the poultry-farming house due to the automated control system / I. Y. Loshkarev, T. A. Shirobokova, I. A. Baranova, S. D. Batanov // Journal of Physics: Conference Series : The proceedings International Conference "Information Technologies in Business and Industry", Novosibirsk, 18–20 февраля 2019 года. – Novosibirsk: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 042019. – DOI 10.1088/1742-6596/1333/4/042019.

338. *Loshkarev, I. Y.* Methods for assessing the parameters of LED-based lighting in livestock houses / I. Y. Loshkarev, T. A. Shirobokova // Journal of Physics: Conference Series : The proceedings International Conference "Information Technologies in Business and Industry", Novosibirsk, 18–20 февраля 2019 года. – Novosibirsk: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 062013.

339. *Morris, T.R.* Effect of age at starting biointensive lighting on performance of laying hens/ Morris T.R., Midgley M., Butler E.A. British Poultry Science. –1990. – Vol. 31. No 3. P. 447-45.

340. *Nesterkina, N. P.* The study of method to control the LED lamp characteristics for administrative buildings from various manufacturers / N. P. Nesterkina, U. A. Pil'shchikova, O. Y. Kovalenko // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – No 13. – P. 541-546. – EDN ULEOLI.

341. *Nestyorkina, N. P.* Analysis of characteristics of LED lamps with T8 bulb by various manufacturers / N. P. Nestyorkina, O. Yu. Kovalenko, Yu. A. Zhuravlyova // Light & Engineering. – 2019. – Vol. 27. – No 6. – P. 82-87. – DOI 10.33383/2018-112. – EDN RCJWER.

342. *Nowak, W.* The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves / W. Nowak, R. Mikula, A. Zachwieja, K. Paczynska, E. Pecka, K. Drzazga, P. Slosarz // Pol. J. veter. Sc. - 2012. - T.15. - №1. - P. 77-82.

343. On the development and use of ultraviolet lamps / O. Yu. Kovalenko, T. A. Chuvatkina, N. P. Nestyorkina [et al.] // *Light & Engineering*. – 2021. – Vol. 29. – No 6. – P. 151-156. – DOI 10.83333/2021-055. – EDN GMHLYZ.

344. Optimization of Power and Economic Indexes of a Farm for the Maintenance of Cattle / G. N. Samarin, A. N. Vasilyev, A. S. Dorokhov [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol. 1072. – P. 679-689. – DOI 10.1007/978-3-030-33585-4\_66. – EDN YUVVTW.

345. Optimization of technological processes in animal husbandry / G. Samarin, A. N. Vasiliev, A. A. Vasiliev [et al.] // *E3S Web of Conferences : International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020, Prague, 27–28 февраля 2020 года*. – Prague: EDP Sciences, 2020. – P. 01094. – DOI 10.1051/e3sconf/202016101094. – EDN BTRBMA.

346. *Ovchukova, S. A.* Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S. A. Ovchukova, N. P. Kondratieva, O. Y. Kovalenko // *Light & Engineering*. – 2021. – Vol. 29. – No 2. – P. 21-25. – DOI 10.33383/2020-039. – EDN GGTWNC.

347. *Prescott, N.B.* Spectral sensitivity of the domestic fowl. / Prescott N.B. Wathes C.M. – *British Poultry Science* 4999". Issue 3. Volume 40. - Silsoe Research Institute, Bedfordshire, England, UK, 1999. - P. 332-339.

348. *Purswell J. L.* Effect of Light Intensity Adjusted for Species-Specific Spectral Sensitivity on Live Performance and Processing Yield of Male Broiler Chickens, , Purswell J. L., Olanrewaju H. A., Linhoss J. E. / *Journal of Applied Poultry Research* 2018, vol. 27, No. 4, pp. 570-576.

349. *Ralph, A.* Lighting Programs For Table Egg Layers / Ralph A. – Ernst, Extension Poultry Specialist, Department of Animal Science, University of California, Davis, CA 95616.

350. *Rosa, C. O.* Economic analysis of the implementation of an LED lighting system in a dark house./ C. O. da Rosa, R. G. Garcia, J. S. da Costa, I. A. Nääs, N. D. S. // *A case study, in the Custos e Agronegocio*, 13(Special edition), 1-19 (2017).

351. *Selinger J.V.* Theory of transitions among tilted hexatic phases in liquid crystals / J.V. Selinger, D.R. Nelson // *Phys. Rev.* 39. 3135 – 3147/

352. *Shirobokova, T. A.* Modeling of led luminaires with optimal temperature operation of leds / T. A. Shirobokova, D. O. Surinsky, S. V. Egorov // *Journal of Physics: Conference Series, Divnomorskoe*, 31 мая – 06 2021 года. – Divnomorskoe, 2021. – P. 052093. – DOI 10.1088/1742-6596/2131/5/052093. – EDN PYAKMC.

353. *Shirobokova, T. A.* Prospects for the use of LED lighting devices in poultry farming / T. A. Shirobokova, L. A. Shuvalova, I. M. Novoselov, P. N. Pokoev // *Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community, Stavropol*, 27–30 сентября 2021 года. Vol. 2661. – Stavropol: AIP PUBLISHING, 2022. – P. 060016. – DOI 10.1063/5.0107533. – EDN KSBBQV.

354. *Tews, A.* Das kurze Nachschlagewerk des Konsultanten. 2003. P. 70–107.

355. Thomson A., Corscadden K. W. Improving energy efficiency in poultry farms through LED usage: a provincial study, *Energy Efficiency*, 2018, vol. 11, No. 4, pp. 927-938.

356. *Tracy J., Mills E.* Illuminating the pecking order in off-grid lighting a Demonstration of LED Lighting for Saving Energy in the Poultry Sector, *Light & Engineering*, 2011, vol. 19, No. 4, pp. 67-76.

357. *Vozmilov, A. G.* Algorithm and software for calculating the design parameters of LED lighting device / A. G. Vozmilov, T. A. Shirobokova, D. V. Astafev // *Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020, Sochi*, 18–22 мая 2020 года. – Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. – P. 9111934. – DOI 10.1109/ICIEAM48468.2020.9111934.

358. Zheng Chun -jiao. Temperature and Humidity Monitoring System for Agriculture-Greenhouses Based on S7-200 Series PLC 7th International Conference on System of Systems Engineering (SoSE), 2012, pp. 21-23.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А - Патенты и свидетельства



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 157781

**СВЕТОДИОДНЫЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ижевская государственная сельскохозяйственная академия" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

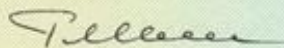
Заявка № 2015112778

Приоритет полезной модели 07 апреля 2015 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 19 ноября 2015 г.

Срок действия патента истекает 07 апреля 2025 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11) 157 781 (13) U1

(51) МПК  
F21V 8/00 (2006.01)  
G02B 6/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015112778/07, 07.04.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 07.04.2015

(45) Опубликовано: 10.12.2015 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, ФГБОУ  
ВПО Ижевская ГСХА

(72) Автор(ы):

Юран Сергей Иосифович (RU),  
Широбокова Татьяна Александровна (RU),  
Иксанов Ильшат Ильдарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

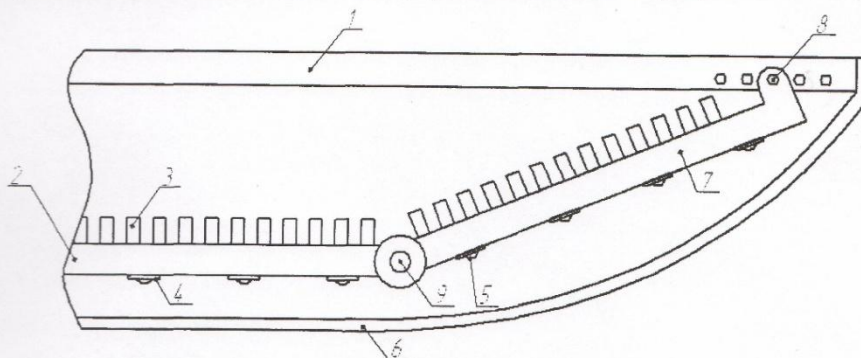
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Ижевская  
государственная сельскохозяйственная  
академия" (RU)

## (54) СВЕТОДИОДНЫЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

(57) Формула полезной модели

1. Светодиодный осветительный прибор, содержащий основание с закрепленным на нем профилем, выполненным в форме полуцилиндра, с теплоотводящими ребрами, на наружной стороне которого установлены монтажные платы с линейками светодиодов и оптически прозрачная крышка, отличающийся тем, что концевые части продольной стороны профиля соединены с упомянутым профилем с возможностью поворота относительно продольной оси.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что концевые части продольной стороны профиля с одной стороны соединены с основанием с помощью штифтов, с другой стороны концевые части соединены с профилем с помощью шарниров.











РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2015617923****«Программа расчёта оптимального числа светодиодов в  
системе освещения птичника»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия» (RU)*

Авторы: *Галлямова Татьяна Ратмировна (RU),  
Широбокова Татьяна Александровна (RU)*

Заявка № **2015610101**Дата поступления **12 января 2015 г.**Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **24 июля 2015 г.**

Врио руководителя Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**  
о государственной регистрации программы для ЭВМ  
**№ 2016617931**

**«Программа для систем автоматического регулирования параметров микроклимата в животноводческих помещениях»**

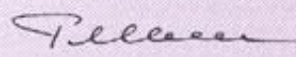
Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (RU)*

Авторы: *см. на обороте*



Заявка № **2016613039**  
Дата поступления **04 апреля 2016 г.**  
Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **18 июля 2016 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Иалиев**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017617039

**«Программа расчёта оптимального числа светодиодов в  
системе освещения животноводческого помещения»**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Ижевская  
государственная сельскохозяйственная академия» (RU)**

Авторы: **Широбокова Татьяна Александровна (RU), Ветчанин  
Евгений Владимирович (RU), Иксанов Ильшат Ильдарович (RU)**



Заявка № 2017612191

Дата поступления 17 марта 2017 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 июня 2017 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2021619490**

**Система управления освещением**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет" (RU)*

Авторы: *Загуменов Сергей Юрьевич (RU), Широбокова Татьяна Александровна (RU)*

Заявка № **2021618522**  
 Дата поступления **03 июня 2021 г.**  
 Дата государственной регистрации  
 в Реестре программ для ЭВМ **10 июня 2021 г.**



Руководитель Федеральной службы  
 по интеллектуальной собственности  
 \_\_\_\_\_  
документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: E63245D7B570D1A075A4A0A2708072E3A118  
 Владелец: **Иванов Григорий Петрович**  
 Действителен с 10.11.2021 по 15.01.2025

**Г.П. Иванов**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022669550

**Программа расчета оптимальных параметров  
осветительных приборов на основе светодиодов**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия» (RU)*

Авторы: *Широбокова Татьяна Александровна (RU), Поспелова  
Ирина Геннадиевна (RU), Бакиров Сергей Мударисович (RU),  
Шубина Юлия Олеговна (RU), Якиминина Елизавета  
Николаевна (RU)*



Заявка № 2022669222

Дата поступления 19 октября 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 октября 2022 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 8808003752-4-18030408024145057  
Владелец: Юрий Юрьевич Сергеев  
Действителен с 01.01.2012 по 26.05.2022

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024616800

**Программа освещения с учетом уровня естественного  
освещения**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский  
государственный аграрный университет» (RU)*

Авторы: *Широбокова Татьяна Александровна (RU), Дородов Павел  
Владимирович (RU), Бакиров Сергей Мударисович (RU),  
Поспелова Ирина Геннадиевна (RU), Сундукова Яна Николаевна  
(RU), Ямшенина Елизавета Николаевна (RU), Бармин Игорь  
Антонович (RU), Хакимов Ильшат Тигирович (RU)*

Заявка № 2024610433

Дата поступления 16 января 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 25 марта 2024 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



*Приложение Б –Измерение уровня освещенности*

Таблица Б1 - Измерение уровня освещенности, создаваемой опытным образцом осветительного прибора над плоскостью 3 м х 3 м при высоте подвеса 2,755м

|     | 0,1 | 0,2 | 0,4  | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,1 | 9,0 | 1,2 | 20,8 | 4,3 | 5,4 | 6,3 | 7,2 | 7,5 | 7,5 | 7,2 | 6,3 | 5,4 | 3,9 | 2,7 | 0,9 | 0,2 |
| 0,2 | 9,7 | 1,9 | 3,7  | 4,6 | 6,3 | 7,2 | 8,5 | 8,3 | 8,9 | 8,5 | 7,5 | 6,3 | 4,8 | 3,3 | 1,4 | 0,6 |
| 0,4 | 0,6 | 2,7 | 4,6  | 5,8 | 8,3 | 8,5 | 9,2 | 0,4 | 0,1 | 9,8 | 8,5 | 7,1 | 5,4 | 3,8 | 2,5 | 0,2 |
| 0,6 | 1,3 | 3,4 | 5,6  | 6,8 | 8,8 | 9,5 | 1,0 | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 9,7 | 8,1 | 6,0 | 4,5 | 2,8 | 0,6 |
| 0,8 | 1,7 | 3,8 | 6,2  | 7,8 | 9,6 | 1,0 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 1,9 | 0,7 | 9,1 | 6,8 | 5,2 | 2,7 | 1,2 |
| 1,0 | 1,9 | 4,3 | 6,7  | 8,0 | 0,3 | 1,6 | 2,8 | 3,2 | 3,2 | 2,7 | 1,6 | 9,8 | 7,5 | 5,8 | 3,5 | 1,5 |
| 1,2 | 2,3 | 4,7 | 6,9  | 9,1 | 0,6 | 2,3 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 3,3 | 2,1 | 0,3 | 8,2 | 6,1 | 3,7 | 1,9 |
| 1,4 | 2,6 | 5,1 | 7,2  | 9,5 | 1,1 | 2,7 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 3,7 | 2,6 | 0,7 | 8,5 | 6,5 | 4,3 | 2,2 |
| 1,6 | 3,0 | 5,3 | 7,7  | 9,8 | 1,6 | 3,1 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 3,9 | 2,8 | 0,9 | 8,8 | 6,7 | 4,4 | 2,3 |
| 1,8 | 3,2 | 5,5 | 8,1  | 9,9 | 2,0 | 3,4 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 2,7 | 1,0 | 8,6 | 6,5 | 4,1 | 2,2 |
| 2,0 | 3,0 | 5,5 | 7,9  | 9,7 | 1,2 | 3,0 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 3,7 | 2,1 | 0,5 | 8,5 | 6,3 | 4,0 | 1,9 |
| 2,2 | 2,9 | 5,2 | 7,5  | 9,5 | 0,8 | 2,1 | 3,1 | 3,4 | 3,4 | 2,8 | 1,7 | 0,1 | 8,0 | 5,8 | 3,5 | 1,5 |
| 2,4 | 2,7 | 4,7 | 6,8  | 8,5 | 9,5 | 0,8 | 1,6 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 1,0 | 9,5 | 7,5 | 5,4 | 3,2 | 1,0 |
| 2,6 | 1,9 | 3,9 | 5,8  | 7,2 | 8,2 | 9,3 | 0,2 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 9,8 | 8,7 | 6,8 | 4,8 | 2,7 | 0,3 |
| 2,8 | 1,1 | 2,9 | 4,7  | 6,1 | 7,0 | 7,7 | 8,5 | 8,7 | 9,3 | 9,1 | 8,7 | 7,6 | 6,1 | 3,9 | 1,9 | 9,7 |
| 3,0 | 0,1 | 1,8 | 3,2  | 4,3 | 5,4 | 5,8 | 6,6 | 6,7 | 6,7 | 6,6 | 6,7 | 5,6 | 6,0 | 4,9 | 2,8 | 9,0 |

Таблица Б2 – Результаты расчетов уровня освещенности, создаваемой опытным образцом осветительного прибора над плоскостью 3 м х 3 м при высоте подвеса 2,755м

| y<br>x | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0      | 19,4 | 20,1 | 20,8 | 21,5 | 22,3 | 22,9 | 23,5 | 23,8 | 23,8 | 23,5 | 22,9 | 22,3 | 21,5 | 20,8 | 20,1 | 19,4 |
| 0.2    | 20,6 | 21,4 | 22,2 | 22,9 | 23,7 | 24,4 | 25,0 | 25,4 | 25,4 | 25,0 | 24,4 | 23,7 | 22,9 | 22,2 | 21,4 | 20,6 |
| 0.4    | 21,7 | 22,6 | 23,4 | 24,2 | 25,0 | 25,8 | 26,4 | 26,8 | 26,8 | 26,4 | 25,8 | 25,0 | 24,2 | 23,4 | 22,6 | 21,7 |
| 0.6    | 22,7 | 23,6 | 24,4 | 25,2 | 26,1 | 26,9 | 27,6 | 28,0 | 28,0 | 27,6 | 26,9 | 26,1 | 25,2 | 24,4 | 23,6 | 22,7 |
| 0.8    | 23,4 | 24,4 | 25,3 | 26,1 | 27,0 | 27,9 | 28,7 | 29,1 | 29,1 | 28,7 | 27,9 | 27,0 | 26,1 | 25,3 | 24,4 | 23,4 |
| 1.0    | 24,0 | 25,0 | 25,9 | 26,8 | 27,8 | 28,7 | 29,5 | 29,9 | 29,9 | 29,5 | 28,7 | 27,8 | 26,8 | 25,9 | 25,0 | 24,0 |
| 1.2    | 24,4 | 25,5 | 26,4 | 27,3 | 28,3 | 29,2 | 30,0 | 30,5 | 30,5 | 30,0 | 29,2 | 28,3 | 27,3 | 26,4 | 25,5 | 24,4 |
| 1.4    | 24,6 | 25,7 | 26,6 | 27,6 | 28,5 | 29,5 | 30,3 | 30,8 | 30,8 | 30,3 | 29,5 | 28,5 | 27,6 | 26,6 | 25,7 | 24,6 |
| 1.6    | 24,6 | 25,7 | 26,6 | 27,6 | 28,5 | 29,5 | 30,3 | 30,8 | 30,8 | 30,3 | 29,5 | 28,5 | 27,6 | 26,6 | 25,7 | 24,6 |
| 1.8    | 24,4 | 25,5 | 26,4 | 27,3 | 28,3 | 29,2 | 30,0 | 30,5 | 30,5 | 30,0 | 29,2 | 28,3 | 27,3 | 26,4 | 25,5 | 24,4 |
| 2.0    | 24,0 | 25,0 | 25,9 | 26,8 | 27,8 | 28,7 | 29,5 | 29,9 | 29,9 | 29,5 | 28,7 | 27,8 | 26,8 | 25,9 | 25,0 | 24,0 |
| 2.2    | 23,4 | 24,4 | 25,3 | 26,1 | 27,0 | 27,9 | 28,7 | 29,1 | 29,1 | 28,7 | 27,9 | 27,0 | 26,1 | 25,3 | 24,4 | 23,4 |
| 2.4    | 22,7 | 23,6 | 24,4 | 25,2 | 26,1 | 26,9 | 27,6 | 28,0 | 28,0 | 27,6 | 26,9 | 26,1 | 25,2 | 24,4 | 23,6 | 22,7 |
| 2.6    | 21,7 | 22,6 | 23,4 | 24,2 | 25,0 | 25,8 | 26,4 | 26,8 | 26,8 | 26,4 | 25,8 | 25,0 | 24,2 | 23,4 | 22,6 | 21,7 |
| 2.8    | 20,6 | 21,4 | 22,2 | 22,9 | 23,7 | 24,4 | 25,0 | 25,4 | 25,4 | 25,0 | 24,4 | 23,7 | 22,9 | 22,2 | 21,4 | 20,6 |
| 3.0    | 19,4 | 20,1 | 20,8 | 21,5 | 22,3 | 22,9 | 23,5 | 23,8 | 23,8 | 23,5 | 22,9 | 22,3 | 21,5 | 20,8 | 20,1 | 19,4 |



## Продолжение приложения Б

Таблица Б3 – Измерение уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами осветительных приборов расположенными параллельно над поверхностью 3 м х 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м, и расстоянием между ними 0,5 м.

| x\y | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 3    |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0   | 36,6 | 40   | 44,5 | 46,6 | 48,4 | 49,5 | 50,3 | 50,5 | 50,5 | 50,2 | 49,3 | 48,1 | 46,4 | 44,3 | 40,2 | 37   |
| 0,2 | 38,8 | 41,8 | 45   | 48,2 | 50,1 | 51,4 | 52,4 | 53   | 53   | 52,3 | 51,3 | 50   | 48,1 | 45   | 41,9 | 38,9 |
| 0,4 | 39,5 | 43,4 | 46,1 | 49   | 51,8 | 53,4 | 54,3 | 54,9 | 54,9 | 54,3 | 53,4 | 51,9 | 49   | 46,2 | 43,5 | 40   |
| 0,6 | 41   | 44,5 | 47,2 | 50,1 | 53   | 54,9 | 56   | 56,7 | 56,7 | 56   | 54,9 | 53,2 | 50,2 | 47,4 | 44,7 | 41   |
| 0,8 | 40,4 | 45,3 | 50,1 | 53,3 | 56,1 | 58,3 | 59,7 | 60,5 | 60,5 | 59,8 | 58,4 | 56,3 | 53,4 | 50,2 | 45,5 | 41,2 |
| 1   | 42,3 | 46,9 | 53   | 55,1 | 57,2 | 59   | 60,1 | 60,6 | 60,7 | 60,2 | 59,1 | 57,1 | 55,2 | 53,1 | 47   | 42,5 |
| 1,2 | 43,8 | 48   | 52,6 | 56   | 58,6 | 60,2 | 61,6 | 62,3 | 62,2 | 61,5 | 60,1 | 58,5 | 56,2 | 52,4 | 48,1 | 43,7 |
| 1,4 | 44,9 | 48,8 | 53,8 | 57,5 | 59,6 | 61,5 | 62,5 | 63,3 | 63,2 | 62,4 | 61,2 | 59,5 | 57,4 | 53,6 | 48,9 | 44,9 |
| 1,6 | 44,8 | 48,7 | 53,9 | 57,5 | 59,7 | 61,4 | 62,5 | 63,3 | 63,3 | 62,4 | 61,3 | 59,6 | 57,3 | 53,7 | 48,8 | 44,9 |
| 1,8 | 43,7 | 48,3 | 52,5 | 55,8 | 58,3 | 60,1 | 61,5 | 62,4 | 62,2 | 61,6 | 60,2 | 58,4 | 56   | 52,4 | 48,4 | 43,9 |
| 2   | 42,3 | 47   | 52,9 | 54,9 | 57   | 59,1 | 60,2 | 60,7 | 60,6 | 60,1 | 59,2 | 57,2 | 55   | 53,2 | 47,2 | 42,6 |
| 2,2 | 40,6 | 44,9 | 49,9 | 53,2 | 56   | 58,2 | 59,6 | 60,4 | 60,5 | 59,7 | 58,3 | 56,2 | 53,3 | 50   | 44,5 | 40,5 |
| 2,4 | 41   | 44,6 | 47,3 | 50   | 52,9 | 54,8 | 55,9 | 56,7 | 56,6 | 56   | 55   | 53,4 | 50,3 | 47,4 | 44,8 | 40,9 |
| 2,6 | 39,5 | 43,4 | 46,1 | 49   | 51,8 | 53,2 | 54,3 | 54,8 | 54,8 | 54,2 | 53,3 | 51,8 | 49,1 | 46,2 | 43,5 | 39,9 |
| 2,8 | 38   | 41,8 | 45   | 48,3 | 50,2 | 51,5 | 52,4 | 53   | 53   | 52,4 | 51,4 | 50,1 | 48,2 | 45   | 41,9 | 39   |
| 3   | 36,5 | 39,9 | 44,4 | 46,5 | 48,3 | 49,5 | 50,5 | 50,6 | 50,4 | 50,1 | 49,4 | 48,2 | 46,4 | 44,2 | 40,1 | 37   |

Таблица Б 4 –Результаты расчетов освещенности , создаваемой двумя опытными образцами параллельных осветительных приборов над рабочей поверхностью 3 м х 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м, и расстоянием между ними 0,5м

| 2 свет параллельн - Excel |         |         |                   |         |        |                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
|---------------------------|---------|---------|-------------------|---------|--------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| ФАЙЛ                      | ГЛАВНАЯ | ВСТАВКА | РАЗМЕТКА СТРАНИЦЫ | ФОРМУЛЫ | ДАННЫЕ | РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ | ВИД  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
| 1                         | 2       | 3       | 4                 | 5       | 6      | 7              | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18 |
| теория                    | 0       | 0,2     | 0,4               | 0,6     | 0,8    | 1              | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 3    |    |
| 0                         | 37,9    | 40,2    | 42,3              | 44      | 45,5   | 46,6           | 47,3 | 47,7 | 47,7 | 47,3 | 46,6 | 45,5 | 44   | 42,3 | 40,2 | 37,9 |    |
| 0,2                       | 39,3    | 41,7    | 43,9              | 45,7    | 47,3   | 48,5           | 49,3 | 49,7 | 49,7 | 49,3 | 48,5 | 47,3 | 45,7 | 43,9 | 41,7 | 39,3 |    |
| 0,4                       | 40,7    | 43,2    | 45,4              | 47,3    | 48,9   | 50,2           | 51   | 51,5 | 51,5 | 51   | 50,2 | 48,9 | 47,3 | 45,4 | 43,2 | 40,7 |    |
| 0,6                       | 42      | 44,6    | 46,9              | 48,9    | 50,6   | 51,9           | 52,8 | 53,2 | 53,2 | 52,8 | 51,9 | 50,6 | 48,9 | 46,9 | 44,6 | 42   |    |
| 0,8                       | 43,4    | 46,1    | 48,5              | 50,6    | 52,3   | 53,7           | 54,6 | 55,1 | 55,1 | 54,6 | 53,7 | 52,3 | 50,6 | 48,5 | 46,1 | 43,4 |    |
| 1                         | 44,7    | 47,5    | 50                | 52,2    | 54     | 55,4           | 56,4 | 56,9 | 56,9 | 56,4 | 55,4 | 54   | 52,2 | 50   | 47,5 | 44,7 |    |
| 1,2                       | 45,7    | 48,6    | 51,2              | 53,5    | 55,4   | 56,9           | 57,9 | 58,5 | 58,5 | 57,9 | 56,9 | 55,4 | 53,5 | 51,2 | 48,6 | 45,7 |    |
| 1,4                       | 46,3    | 49,2    | 51,9              | 54,3    | 56,2   | 57,8           | 58,8 | 59,4 | 59,4 | 58,8 | 57,8 | 56,2 | 54,3 | 51,9 | 49,2 | 46,3 |    |
| 1,6                       | 46,3    | 49,2    | 51,9              | 54,3    | 56,2   | 57,8           | 58,8 | 59,4 | 59,4 | 58,8 | 57,8 | 56,2 | 54,3 | 51,9 | 49,2 | 46,3 |    |
| 1,8                       | 45,7    | 48,6    | 51,2              | 53,5    | 55,4   | 56,9           | 57,9 | 58,5 | 58,5 | 57,9 | 56,9 | 55,4 | 53,5 | 51,2 | 48,6 | 45,7 |    |
| 2                         | 44,7    | 47,5    | 50                | 52,2    | 54     | 55,4           | 56,4 | 56,9 | 56,9 | 56,4 | 55,4 | 54   | 52,2 | 50   | 47,5 | 44,7 |    |
| 2,2                       | 43,4    | 46,1    | 48,5              | 50,6    | 52,3   | 53,7           | 54,6 | 55,1 | 55,1 | 54,6 | 53,7 | 52,3 | 50,6 | 48,5 | 46,1 | 43,4 |    |
| 2,4                       | 42      | 44,6    | 46,9              | 48,9    | 50,6   | 51,9           | 52,8 | 53,2 | 53,2 | 52,8 | 51,9 | 50,6 | 48,9 | 46,9 | 44,6 | 42   |    |
| 2,6                       | 40,7    | 43,2    | 45,4              | 47,3    | 48,9   | 50,2           | 51   | 51,5 | 51,5 | 51   | 50,2 | 48,9 | 47,3 | 45,4 | 43,2 | 40,7 |    |
| 2,8                       | 39,3    | 41,7    | 43,9              | 45,7    | 47,3   | 48,5           | 49,3 | 49,7 | 49,7 | 49,3 | 48,5 | 47,3 | 45,7 | 43,9 | 41,7 | 39,3 |    |
| 3                         | 37,9    | 40,2    | 42,3              | 44      | 45,5   | 46,6           | 47,3 | 47,7 | 47,7 | 47,3 | 46,6 | 45,5 | 44   | 42,3 | 40,2 | 37,9 |    |

## Продолжение приложения Б

Таблица Б 5 – Измерение уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами осветительных приборов, расположенными параллельно над рабочей поверхностью 3 м х 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м, и расстоянием между ними 1,0 м

| у<br>х | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0      | 35,7 | 39,2 | 43,7 | 46,4 | 47,6 | 48,6 | 49,5 | 50   | 50   | 49,7 | 48,7 | 47,5 | 46,3 | 43,3 | 39,2 | 35,8 |
| 0.2    | 37,9 | 41,3 | 44,7 | 47,6 | 48,9 | 50,6 | 51,9 | 53,1 | 53,1 | 51,8 | 50,8 | 49,0 | 47,7 | 44,6 | 41,4 | 38,0 |
| 0.4    | 39,8 | 42,1 | 46,1 | 49,0 | 51,5 | 52,7 | 53,3 | 53,8 | 53,8 | 53,2 | 52,5 | 51,4 | 49,1 | 46,2 | 42,3 | 40,1 |
| 0.6    | 40,8 | 43,8 | 46,9 | 51,0 | 52,9 | 54,3 | 55,1 | 55,5 | 55,5 | 55,0 | 54,1 | 52,8 | 51,2 | 46,8 | 43,7 | 40,9 |
| 0.8    | 42,2 | 45,5 | 47,8 | 51,9 | 54,8 | 56,9 | 57,3 | 59,2 | 59,2 | 57,2 | 56,8 | 54,7 | 52,6 | 47,9 | 45,6 | 42,3 |
| 1.0    | 43,1 | 46,4 | 49,9 | 53,9 | 56,6 | 57,7 | 58,5 | 59,2 | 59,2 | 58,4 | 57,3 | 56,5 | 53,9 | 49,9 | 46,4 | 43,3 |
| 1.2    | 43,9 | 47,7 | 51,4 | 55,3 | 57,8 | 58,9 | 59,9 | 60,6 | 60,6 | 60,0 | 58,9 | 57,9 | 55,5 | 51,6 | 47,3 | 43,9 |
| 1.4    | 44,0 | 47,8 | 52,3 | 56,4 | 58,2 | 60,0 | 61,3 | 62,2 | 62,1 | 61,2 | 59,9 | 58,5 | 56,5 | 52,4 | 48,3 | 44,5 |
| 1.6    | 43,8 | 48,0 | 52,2 | 56,5 | 58,1 | 60,1 | 61,2 | 62,0 | 62,1 | 61,1 | 60,0 | 58,4 | 56,6 | 52,3 | 48,1 | 44,0 |
| 1.8    | 43,5 | 47,0 | 51,3 | 55,5 | 57,9 | 58,8 | 59,8 | 60,5 | 60,6 | 59,7 | 58,9 | 57,8 | 55,4 | 51,4 | 47,2 | 43,8 |
| 2.0    | 43,0 | 46,1 | 49,8 | 53,9 | 56,5 | 57,5 | 58,4 | 59,1 | 59,0 | 58,3 | 57,4 | 56,6 | 53,8 | 49,9 | 46,2 | 43,2 |
| 2.2    | 42,1 | 45,3 | 47,9 | 52,4 | 54,9 | 56,8 | 57,2 | 59,1 | 59,1 | 57,1 | 56,7 | 54,8 | 52,5 | 48,0 | 45,5 | 42,2 |
| 2.4    | 40,7 | 43,7 | 46,8 | 51,0 | 52,8 | 54,1 | 55,0 | 55,4 | 55,4 | 54,9 | 54,0 | 52,9 | 51,1 | 46,7 | 43,8 | 40,9 |
| 2.6    | 39,6 | 42,0 | 46,0 | 49,1 | 51,3 | 52,5 | 53,2 | 53,7 | 53,7 | 53,1 | 52,4 | 51,2 | 49,0 | 46,1 | 42,2 | 40,0 |
| 2.8    | 37,8 | 41,2 | 44,6 | 47,5 | 49,0 | 50,8 | 51,8 | 53,0 | 53,0 | 51,7 | 50,7 | 48,8 | 47,5 | 44,4 | 41,3 | 37,9 |
| 3.0    | 35,6 | 39,0 | 43,5 | 46,1 | 47,4 | 48,5 | 49,4 | 49,9 | 50,0 | 49,6 | 48,6 | 47,5 | 46,2 | 43,4 | 39,1 | 35,8 |

Таблица Б 6 – Результаты компьютерных расчетов уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами параллельных осветительных приборов над рабочей поверхностью 3 м х 3м при высоте повеса равной 2,8 м и расстоянием между ними 1,0 м.

| у<br>х | теория | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 3    |
|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7      | 0      | 37,4 | 39,6 | 41,6 | 43,3 | 44,7 | 45,7 | 46,5 | 46,8 | 46,8 | 46,5 | 45,7 | 44,7 | 43,3 | 41,6 | 39,6 | 37,4 |
| 8      | 0,2    | 38,7 | 41,1 | 43,2 | 45   | 46,5 | 47,6 | 48,3 | 48,7 | 48,7 | 48,3 | 47,6 | 46,5 | 45   | 43,2 | 41,1 | 38,7 |
| 9      | 0,4    | 40,1 | 42,5 | 44,7 | 46,6 | 48,1 | 49,3 | 50   | 50,4 | 50,4 | 50   | 49,3 | 48,1 | 46,6 | 44,7 | 42,5 | 40,1 |
| 10     | 0,6    | 41,4 | 43,9 | 46,2 | 48,1 | 49,7 | 50,9 | 51,7 | 52,2 | 52,2 | 51,7 | 50,9 | 49,7 | 48,1 | 46,2 | 43,9 | 41,4 |
| 11     | 0,8    | 42,8 | 45,4 | 47,7 | 49,8 | 51,4 | 52,7 | 53,5 | 54   | 54   | 53,5 | 52,7 | 51,4 | 49,8 | 47,7 | 45,4 | 42,8 |
| 12     | 1      | 44   | 46,8 | 49,2 | 51,3 | 53,1 | 54,4 | 55,3 | 55,7 | 55,7 | 55,3 | 54,4 | 53,1 | 51,3 | 49,2 | 46,8 | 44   |
| 13     | 1,2    | 45,1 | 47,9 | 50,4 | 52,6 | 54,4 | 55,8 | 56,7 | 57,2 | 57,2 | 56,7 | 55,8 | 54,4 | 52,6 | 50,4 | 47,9 | 45,1 |
| 14     | 1,4    | 45,6 | 48,5 | 51,1 | 53,4 | 55,2 | 56,6 | 57,6 | 58,1 | 58,1 | 57,6 | 56,6 | 55,2 | 53,4 | 51,1 | 48,5 | 45,6 |
| 15     | 1,6    | 45,6 | 48,5 | 51,1 | 53,4 | 55,2 | 56,6 | 57,6 | 58,1 | 58,1 | 57,6 | 56,6 | 55,2 | 53,4 | 51,1 | 48,5 | 45,6 |
| 16     | 1,8    | 45,1 | 47,9 | 50,4 | 52,6 | 54,4 | 55,8 | 56,7 | 57,2 | 57,2 | 56,7 | 55,8 | 54,4 | 52,6 | 50,4 | 47,9 | 45,1 |
| 17     | 2      | 44   | 46,8 | 49,2 | 51,3 | 53,1 | 54,4 | 55,3 | 55,7 | 55,7 | 55,3 | 54,4 | 53,1 | 51,3 | 49,2 | 46,8 | 44   |
| 18     | 2,2    | 42,8 | 45,4 | 47,7 | 49,8 | 51,4 | 52,7 | 53,5 | 54   | 54   | 53,5 | 52,7 | 51,4 | 49,8 | 47,7 | 45,4 | 42,8 |
| 19     | 2,4    | 41,4 | 43,9 | 46,2 | 48,1 | 49,7 | 50,9 | 51,7 | 52,2 | 52,2 | 51,7 | 50,9 | 49,7 | 48,1 | 46,2 | 43,9 | 41,4 |
| 20     | 2,6    | 40,1 | 42,5 | 44,7 | 46,6 | 48,1 | 49,3 | 50   | 50,4 | 50,4 | 50   | 49,3 | 48,1 | 46,6 | 44,7 | 42,5 | 40,1 |
| 21     | 2,8    | 38,7 | 41,1 | 43,2 | 45   | 46,5 | 47,6 | 48,3 | 48,7 | 48,7 | 48,3 | 47,6 | 46,5 | 45   | 43,2 | 41,1 | 38,7 |
| 22     | 3      | 37,4 | 39,6 | 41,6 | 43,3 | 44,7 | 45,7 | 46,5 | 46,8 | 46,8 | 46,5 | 45,7 | 44,7 | 43,3 | 41,6 | 39,6 | 37,4 |

## Продолжение приложения Б

Таблица Б 7 – Результаты измерения уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами осветительных приборов, расположенными параллельно 3 м х 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м и расстоянием между ними 1,5 м

| у<br>х | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0      | 34,9 | 37,8 | 40,2 | 44,0 | 46,1 | 47,0 | 47,9 | 48,2 | 48,3 | 48,0 | 47,1 | 46,0 | 43,9 | 41,0 | 37,9 | 35,0 |
| 0.2    | 35,6 | 38,8 | 42,2 | 46,4 | 48,1 | 49,0 | 49,9 | 50,2 | 50,4 | 49,8 | 48,6 | 47,9 | 46,5 | 42,8 | 38,9 | 36,1 |
| 0.4    | 36,8 | 41,0 | 44,2 | 46,9 | 49,0 | 50,9 | 51,5 | 52,1 | 52,0 | 51,4 | 50,8 | 48,9 | 46,8 | 43,9 | 41,3 | 37,0 |
| 0.6    | 38,1 | 43,0 | 45,8 | 48,2 | 51,1 | 52,4 | 53,3 | 53,8 | 53,9 | 53,4 | 52,5 | 51,2 | 48,1 | 45,9 | 42,9 | 38,7 |
| 0.8    | 39,1 | 43,9 | 46,9 | 49,1 | 53,0 | 54,1 | 55,2 | 55,6 | 55,6 | 55,1 | 54,1 | 53,0 | 49,0 | 47,0 | 44,1 | 39,2 |
| 1.0    | 40,9 | 44,7 | 48,3 | 51,8 | 54,6 | 55,7 | 57,7 | 58,2 | 58,2 | 57,8 | 55,8 | 54,5 | 51,7 | 48,2 | 45,1 | 40,9 |
| 1.2    | 41,8 | 46,1 | 49,0 | 52,9 | 56,0 | 57,0 | 58,4 | 59,1 | 59,0 | 58,3 | 57,1 | 56,1 | 53,0 | 49,1 | 46,1 | 41,7 |
| 1.4    | 42,0 | 46,2 | 50,0 | 53,3 | 56,1 | 57,9 | 59,1 | 59,9 | 60,0 | 59,0 | 58,1 | 57,2 | 54,0 | 50,6 | 46,3 | 42,0 |
| 1.6    | 42,0 | 46,4 | 50,3 | 53,5 | 57,0 | 58,0 | 59,4 | 59,8 | 59,9 | 59,3 | 57,5 | 57,1 | 53,8 | 50,5 | 46,9 | 42,8 |
| 1.8    | 41,8 | 46,0 | 49,0 | 53,0 | 56,1 | 57,1 | 58,5 | 59,0 | 59,0 | 58,4 | 57,2 | 56,0 | 52,9 | 49,2 | 46,0 | 41,9 |
| 2.0    | 40,9 | 44,8 | 48,2 | 51,9 | 54,7 | 55,8 | 57,8 | 58,3 | 58,2 | 57,9 | 55,8 | 54,6 | 51,8 | 48,1 | 45,0 | 40,8 |
| 2.2    | 39,2 | 43,5 | 47,0 | 49,2 | 53,0 | 54,2 | 55,1 | 55,5 | 55,6 | 55,2 | 54,2 | 53,1 | 49,1 | 47,1 | 44,0 | 39,3 |
| 2.4    | 38,1 | 43,0 | 45,9 | 48,1 | 51,2 | 52,5 | 53,4 | 53,7 | 53,8 | 53,4 | 52,6 | 51,1 | 48,0 | 46,0 | 42,9 | 38,8 |
| 2.6    | 37,0 | 41,0 | 44,4 | 40,0 | 49,1 | 51,0 | 51,6 | 52,0 | 52,0 | 51,5 | 50,9 | 49,0 | 46,0 | 44,0 | 41,2 | 37,1 |
| 2.8    | 35,5 | 38,9 | 42,2 | 46,6 | 48,0 | 48,9 | 49,7 | 50,3 | 50,5 | 49,6 | 48,5 | 48,0 | 46,6 | 42,9 | 39,0 | 35,9 |
| 3.0    | 35,0 | 37,8 | 40,0 | 43,9 | 45,9 | 46,8 | 47,8 | 48,3 | 48,2 | 47,9 | 47,2 | 46,3 | 43,7 | 40,4 | 37,6 | 34,4 |

Таблица Б 8 – Результаты расчетов уровня освещенности, создаваемой 2 опытными образцами параллельных осветительных приборов над рабочей поверхностью 3м х 3м при высоте подвеса 2,8 м и расстоянием между ними 1,5 м

| 2 свет параллельн - Excel |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 1                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18 |
| теория                    | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 3    |    |
| 0                         | 36,5 | 38,6 | 40,5 | 42,1 | 43,4 | 44,4 | 45   | 45,3 | 45,3 | 45   | 44,4 | 43,4 | 42,1 | 40,5 | 38,6 | 36,5 |    |
| 0,2                       | 37,9 | 40,1 | 43   | 43,7 | 45,1 | 46,1 | 46,8 | 47,1 | 47,1 | 46,8 | 46,1 | 45,1 | 43,7 | 43   | 40,1 | 37,9 |    |
| 0,4                       | 39,2 | 41,5 | 43,5 | 45,3 | 46,7 | 47,7 | 48,4 | 48,8 | 48,8 | 48,4 | 47,7 | 46,7 | 45,3 | 43,5 | 41,5 | 39,2 |    |
| 0,6                       | 40,5 | 42,9 | 45   | 46,8 | 48,3 | 49,4 | 50,1 | 50,4 | 50,4 | 50,1 | 49,4 | 48,3 | 46,8 | 45   | 42,9 | 40,5 |    |
| 0,8                       | 41,8 | 44,3 | 46,5 | 48,4 | 49,9 | 51   | 51,8 | 52,2 | 52,2 | 51,8 | 51   | 49,9 | 48,4 | 46,5 | 44,3 | 41,8 |    |
| 1                         | 43   | 45,6 | 47,9 | 49,9 | 51,5 | 52,7 | 53,4 | 53,8 | 53,8 | 53,4 | 52,7 | 51,5 | 49,9 | 47,9 | 45,6 | 43   |    |
| 1,2                       | 44,1 | 46,7 | 49,1 | 51,2 | 52,8 | 54   | 54,8 | 55,2 | 55,2 | 54,8 | 54   | 52,8 | 51,2 | 49,1 | 46,7 | 44,1 |    |
| 1,4                       | 44,6 | 47,4 | 49,8 | 51,9 | 53,6 | 54,8 | 55,6 | 56   | 56   | 55,6 | 54,8 | 53,6 | 51,9 | 49,8 | 47,4 | 44,6 |    |
| 1,6                       | 44,6 | 47,4 | 49,8 | 51,9 | 53,6 | 54,8 | 55,6 | 56   | 56   | 55,6 | 54,8 | 53,6 | 51,9 | 49,8 | 47,4 | 44,6 |    |
| 1,8                       | 44,1 | 46,7 | 49,1 | 51,2 | 52,8 | 54   | 54,8 | 55,2 | 55,2 | 54,8 | 54   | 52,8 | 51,2 | 49,1 | 46,7 | 44,1 |    |
| 2                         | 43   | 45,6 | 47,9 | 49,9 | 51,5 | 52,7 | 53,4 | 53,8 | 53,8 | 53,4 | 52,7 | 51,5 | 49,9 | 47,9 | 45,6 | 43   |    |
| 2,2                       | 41,8 | 44,3 | 46,5 | 48,4 | 49,9 | 51   | 51,8 | 52,2 | 52,2 | 51,8 | 51   | 49,9 | 48,4 | 46,5 | 44,3 | 41,8 |    |
| 2,4                       | 40,5 | 42,9 | 45   | 46,8 | 48,3 | 49,4 | 50,1 | 50,4 | 50,4 | 50,1 | 49,4 | 48,3 | 46,8 | 45   | 42,9 | 40,5 |    |
| 2,6                       | 39,2 | 41,5 | 43,5 | 45,3 | 46,7 | 47,7 | 48,4 | 48,8 | 48,8 | 48,4 | 47,7 | 46,7 | 45,3 | 43,5 | 41,5 | 39,2 |    |
| 2,8                       | 37,9 | 40,1 | 42   | 43,7 | 45,1 | 46,1 | 46,8 | 47,1 | 47,1 | 46,8 | 46,1 | 45,1 | 43,7 | 42   | 40,1 | 37,9 |    |
| 3                         | 36,5 | 38,6 | 40,5 | 42,1 | 43,4 | 44,4 | 45   | 45,3 | 45,3 | 45   | 44,4 | 43,4 | 42,1 | 40,5 | 38,6 | 36,5 |    |

Таблица Б 9 – Результаты измерения уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами осветительных приборов, расположенными последовательно над рабочей поверхностью 3 м x 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м,  $a_w=0,38$  м

| y<br>x | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0      | 36,9 | 39,8 | 42,1 | 44,4 | 46,3 | 48,5 | 49,4 | 50,1 | 50,2 | 49,5 | 48,4 | 46,1 | 44,5 | 42,3 | 39,8 | 37,1 |
| 0.2    | 38,0 | 41,7 | 44,8 | 47,1 | 48,9 | 51,1 | 52,3 | 52,8 | 52,9 | 52,2 | 51,0 | 48,7 | 47,0 | 44,9 | 41,6 | 38,2 |
| 0.4    | 38,9 | 43,1 | 47,9 | 50,2 | 52,0 | 53,2 | 54,0 | 54,9 | 55,0 | 54,3 | 53,0 | 51,9 | 50,1 | 47,8 | 43,2 | 39,1 |
| 0.6    | 39,9 | 44,3 | 48,9 | 52,0 | 53,9 | 55,4 | 57,0 | 57,4 | 57,3 | 56,9 | 55,5 | 54,0 | 52,2 | 49,0 | 44,4 | 40,1 |
| 0.8    | 41,4 | 45,8 | 50,7 | 53,0 | 54,9 | 57,0 | 58,1 | 58,9 | 58,9 | 58,0 | 56,9 | 54,8 | 52,9 | 50,5 | 45,9 | 41,5 |
| 1.0    | 42,4 | 46,7 | 50,6 | 52,9 | 55,7 | 57,1 | 59,0 | 60,1 | 60,0 | 58,9 | 57,0 | 55,5 | 53,0 | 50,8 | 47,0 | 42,7 |
| 1.2    | 43,1 | 47,7 | 50,9 | 53,1 | 55,8 | 57,9 | 60,0 | 60,7 | 60,6 | 59,7 | 57,8 | 55,9 | 53,4 | 50,9 | 47,8 | 43,3 |
| 1.4    | 44,0 | 47,0 | 51,0 | 53,5 | 56,4 | 58,9 | 60,2 | 61,1 | 61,2 | 60,3 | 58,8 | 56,6 | 53,7 | 51,2 | 47,2 | 44,8 |
| 1.6    | 44,1 | 47,2 | 51,1 | 53,4 | 56,5 | 58,8 | 60,1 | 61,2 | 61,3 | 60,2 | 58,9 | 56,7 | 53,6 | 51,2 | 47,1 | 44,3 |
| 1.8    | 43,2 | 47,8 | 50,9 | 53,0 | 56,0 | 58,0 | 59,4 | 60,5 | 60,6 | 59,3 | 57,9 | 55,9 | 52,9 | 50,8 | 47,7 | 43,4 |
| 2.0    | 42,3 | 46,5 | 50,5 | 52,8 | 55,9 | 57,0 | 58,9 | 60,0 | 59,9 | 58,8 | 56,9 | 55,8 | 52,7 | 50,6 | 46,6 | 42,5 |
| 2.2    | 41,4 | 45,9 | 50,0 | 53,1 | 55,0 | 56,9 | 58,0 | 58,8 | 58,9 | 57,9 | 57,0 | 54,9 | 53,0 | 50,0 | 45,8 | 41,5 |
| 2.4    | 39,9 | 44,3 | 49,0 | 51,9 | 54,0 | 55,3 | 56,9 | 57,2 | 57,1 | 56,8 | 55,4 | 53,9 | 52,0 | 48,9 | 44,5 | 40,0 |
| 2.6    | 38,9 | 43,2 | 48,0 | 50,3 | 52,1 | 53,3 | 54,2 | 55,0 | 55,0 | 54,3 | 53,2 | 52,0 | 50,2 | 47,9 | 43,4 | 39,0 |
| 2.8    | 38,0 | 39,8 | 44,7 | 47,0 | 48,8 | 51,0 | 52,2 | 52,7 | 52,8 | 52,3 | 51,1 | 48,9 | 47,2 | 44,8 | 41,8 | 38,1 |
| 3.0    | 36,9 | 41,6 | 42,0 | 44,5 | 46,1 | 48,4 | 49,3 | 50,0 | 50,0 | 49,4 | 48,6 | 46,2 | 44,6 | 42,2 | 39,9 | 37,0 |

Таблица Б 10 – Результаты расчетов уровня освещенности, создаваемой двумя опытными образцами последовательных осветительных приборов над рабочей поверхностью 3 м х 3 м при высоте подвеса равной 2,8 м,  $a_w=0,38$  м.

[illegible]

Таблица Б 11 – Зависимость уровня освещенности при между осветительными приборами и углами скоса

|             | <b>5,00</b> | <b>6,39</b> | <b>7,08</b> | <b>8,47</b> | <b>9,16</b> | <b>10,55</b> | <b>11,24</b> | <b>12,63</b> | <b>13,33</b> | <b>14,76</b> | <b>15,41</b> | <b>16,10</b> | <b>17,49</b> | <b>18,18</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>0,50</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 107,66      | 107,37      | 104,79       | 104,79       | 141,02       | 135,46       | 135,38       | 118,96       | 124,24       | 134,67       | 139,29       |
| <b>0,52</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 107,66      | 107,37      | 104,79       | 104,79       | 141,02       | 135,46       | 135,38       | 118,96       | 124,24       | 134,67       | 139,29       |
| <b>0,54</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 107,47      | 107,16      | 104,79       | 104,79       | 140,72       | 135,17       | 135,08       | 118,21       | 118,57       | 133,87       | 138,68       |
| <b>0,56</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 107,47      | 107,16      | 104,79       | 104,79       | 140,72       | 135,17       | 135,08       | 118,21       | 118,57       | 133,87       | 138,68       |
| <b>0,57</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 106,99      | 104,79       | 104,79       | 140,46       | 134,92       | 134,83       | 113,01       | 117,78       | 128,81       | 138,53       |
| <b>0,59</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 106,99      | 104,79       | 104,79       | 140,46       | 134,92       | 134,83       | 113,01       | 117,78       | 128,81       | 138,53       |
| <b>0,61</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 140,10       | 134,67       | 134,57       | 112,36       | 112,59       | 123,14       | 133,13       |
| <b>0,63</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 140,10       | 134,67       | 134,57       | 112,36       | 112,59       | 123,14       | 133,13       |
| <b>0,65</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,83       | 134,32       | 134,26       | 106,61       | 111,81       | 122,20       | 127,48       |
| <b>0,67</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,83       | 134,32       | 134,26       | 106,61       | 111,81       | 122,20       | 127,48       |
| <b>0,68</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,54       | 134,04       | 133,94       | 106,02       | 106,64       | 117,13       | 122,46       |
| <b>0,70</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,54       | 134,04       | 133,94       | 106,02       | 106,64       | 117,13       | 122,46       |
| <b>0,72</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,16       | 133,77       | 133,66       | 104,96       | 105,57       | 116,18       | 116,71       |
| <b>0,74</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 139,16       | 133,77       | 133,66       | 104,96       | 105,57       | 116,18       | 116,71       |
| <b>0,76</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,87       | 133,39       | 133,37       | 104,79       | 104,79       | 110,54       | 115,72       |
| <b>0,78</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,87       | 133,39       | 133,37       | 104,79       | 104,79       | 110,54       | 115,72       |
| <b>0,79</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,57       | 133,09       | 133,07       | 104,79       | 104,79       | 105,57       | 110,71       |
| <b>0,81</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,57       | 133,09       | 133,07       | 104,79       | 104,79       | 105,57       | 110,71       |
| <b>0,83</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,16       | 132,80       | 132,67       | 104,79       | 104,79       | 104,79       | 109,77       |
| <b>0,85</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 138,16       | 132,80       | 132,67       | 104,79       | 104,79       | 104,79       | 109,77       |
| <b>0,87</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 137,85       | 132,39       | 132,36       | 104,79       | 104,79       | 104,79       | 104,79       |
| <b>0,89</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 137,85       | 132,39       | 132,36       | 104,79       | 104,79       | 104,79       | 104,79       |
| <b>0,90</b> | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79      | 104,79       | 104,79       | 137,43       | 132,08       | 132,05       | 104,79       | 104,79       | 104,79       | 104,79       |

## Продолжение приложения Б

## Продолжение таблицы Б 11

|             | 5,00   | 6,39   | 7,08   | 8,47   | 9,16   | 10,55  | 11,24  | 12,63  | 13,33  | 14,76  | 15,41  | 16,10  | 17,49  | 18,18  |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>0,96</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 137,11 | 131,77 | 131,73 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>0,98</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 115,11 | 129,91 | 129,84 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,00</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 115,11 | 129,91 | 129,84 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,01</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 109,21 | 124,04 | 129,49 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,03</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 109,21 | 124,04 | 129,49 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,05</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 114,50 | 123,55 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,07</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 114,50 | 123,55 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,09</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,11</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,12</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,14</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,16</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,18</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,20</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,25</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,29</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,31</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,34</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,36</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,38</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>1,4</b>  | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 104,79 |
| <b>0,50</b> | 144,34 | 144,73 | 149,55 | 154,09 | 155,11 | 166,83 | 176,13 | 180,56 | 184,99 | 189,42 | 193,84 | 198,27 | 202,70 | 207,12 |
| <b>0,52</b> | 144,34 | 144,73 | 149,55 | 154,09 | 155,11 | 166,83 | 176,13 | 180,56 | 184,99 | 189,42 | 193,84 | 198,27 | 202,70 | 207,12 |
| <b>0,54</b> | 139,35 | 143,99 | 148,94 | 153,79 | 153,53 | 158,05 | 172,03 | 176,24 | 180,44 | 184,65 | 188,86 | 193,06 | 197,27 | 201,48 |

## Продолжение приложения Б

## Продолжение таблицы Б11

|             | 18,88  | 19,57  | 20,27  | 21,65  | 22,35  | 23,04  | 24,47  | 25,42  | 26,36  | 27,31  | 28,26  | 29,20  | 30,15  | 31,09  |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>0,57</b> | 138,55 | 143,71 | 144,03 | 153,34 | 153,22 | 153,91 | 169,30 | 173,38 | 177,46 | 181,55 | 185,63 | 189,71 | 193,79 | 197,88 |
| <b>0,59</b> | 138,55 | 143,71 | 144,03 | 153,34 | 153,22 | 153,91 | 169,30 | 173,38 | 177,46 | 181,55 | 185,63 | 189,71 | 193,79 | 197,88 |
| <b>0,61</b> | 133,56 | 138,77 | 143,77 | 152,89 | 152,76 | 152,94 | 166,58 | 170,54 | 174,51 | 178,47 | 182,43 | 186,40 | 190,36 | 194,32 |
| <b>0,63</b> | 133,56 | 138,77 | 143,77 | 152,89 | 152,76 | 152,94 | 166,58 | 170,54 | 174,51 | 178,47 | 182,43 | 186,40 | 190,36 | 194,32 |
| <b>0,65</b> | 132,64 | 137,72 | 142,78 | 148,28 | 152,30 | 152,47 | 164,02 | 167,86 | 171,70 | 175,54 | 179,38 | 183,22 | 187,06 | 190,89 |
| <b>0,67</b> | 132,64 | 137,72 | 142,78 | 148,28 | 152,30 | 152,47 | 164,02 | 167,86 | 171,70 | 175,54 | 179,38 | 183,22 | 187,06 | 190,89 |
| <b>0,68</b> | 127,67 | 132,15 | 137,23 | 142,85 | 147,73 | 152,00 | 158,34 | 161,88 | 165,42 | 168,96 | 172,50 | 176,04 | 179,57 | 183,11 |
| <b>0,70</b> | 127,67 | 132,15 | 137,23 | 142,85 | 147,73 | 152,00 | 158,34 | 161,88 | 165,42 | 168,96 | 172,50 | 176,04 | 179,57 | 183,11 |
| <b>0,72</b> | 122,01 | 131,87 | 132,47 | 141,78 | 146,85 | 151,68 | 155,53 | 158,92 | 162,32 | 165,71 | 169,11 | 172,50 | 175,90 | 179,29 |
| <b>0,74</b> | 122,01 | 131,87 | 132,47 | 141,78 | 146,85 | 151,68 | 155,53 | 158,92 | 162,32 | 165,71 | 169,11 | 172,50 | 175,90 | 179,29 |
| <b>0,76</b> | 121,00 | 126,96 | 131,37 | 141,47 | 142,24 | 147,03 | 151,93 | 155,12 | 158,31 | 161,51 | 164,70 | 167,89 | 171,09 | 174,28 |
| <b>0,78</b> | 121,00 | 126,96 | 131,37 | 141,47 | 142,24 | 147,03 | 151,93 | 155,12 | 158,31 | 161,51 | 164,70 | 167,89 | 171,09 | 174,28 |
| <b>0,79</b> | 115,97 | 121,30 | 126,50 | 136,71 | 141,10 | 146,03 | 147,45 | 150,40 | 153,35 | 156,30 | 159,25 | 162,21 | 165,16 | 168,11 |
| <b>0,81</b> | 115,97 | 121,30 | 126,50 | 136,71 | 141,10 | 146,03 | 147,45 | 150,40 | 153,35 | 156,30 | 159,25 | 162,21 | 165,16 | 168,11 |
| <b>0,83</b> | 114,96 | 115,57 | 125,30 | 135,70 | 136,37 | 141,35 | 144,09 | 146,85 | 149,60 | 152,36 | 155,12 | 157,87 | 160,63 | 163,39 |
| <b>0,85</b> | 114,96 | 115,57 | 125,30 | 135,70 | 136,37 | 141,35 | 144,09 | 146,85 | 149,60 | 152,36 | 155,12 | 157,87 | 160,63 | 163,39 |
| <b>0,87</b> | 109,41 | 114,46 | 120,58 | 130,93 | 136,09 | 140,27 | 140,82 | 143,40 | 145,98 | 148,55 | 151,13 | 153,71 | 156,29 | 158,86 |
| <b>0,89</b> | 109,41 | 114,46 | 120,58 | 130,93 | 136,09 | 140,27 | 140,82 | 143,40 | 145,98 | 148,55 | 151,13 | 153,71 | 156,29 | 158,86 |
| <b>0,90</b> | 104,79 | 109,56 | 114,85 | 125,29 | 130,46 | 135,60 | 135,64 | 137,91 | 140,18 | 142,46 | 144,73 | 147,00 | 149,28 | 151,55 |
| <b>0,92</b> | 104,79 | 109,56 | 114,85 | 125,29 | 130,46 | 135,60 | 135,64 | 137,91 | 140,18 | 142,46 | 144,73 | 147,00 | 149,28 | 151,55 |
| <b>0,94</b> | 104,79 | 108,64 | 113,67 | 124,00 | 129,18 | 134,42 | 134,59 | 136,80 | 139,01 | 141,23 | 143,44 | 145,65 | 147,86 | 150,08 |
| <b>0,96</b> | 104,79 | 108,64 | 113,67 | 124,00 | 129,18 | 134,42 | 134,59 | 136,80 | 139,01 | 141,23 | 143,44 | 145,65 | 147,86 | 150,08 |
| <b>0,98</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 106,43 | 111,66 | 116,78 | 122,22 | 123,76 | 125,31 | 126,85 | 128,40 | 129,94 | 131,48 | 133,03 |
| <b>1,00</b> | 104,79 | 104,79 | 104,79 | 106,43 | 111,66 | 116,78 | 122,22 | 123,76 | 125,31 | 126,85 | 128,40 | 129,94 | 131,48 | 133,03 |

## Продолжение приложения Б

Продолжение таблицы Б 11

[illegible]



|             | <b>32,04</b> | <b>32,99</b> | <b>33,93</b> | <b>34,88</b> | <b>35,82</b> | <b>36,77</b> | <b>39,71</b> |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>0,50</b> | 211,55       | 215,98       | 220,41       | 224,83       | 229,26       | 233,69       | 238,12       |
| <b>0,52</b> | 211,55       | 215,98       | 220,41       | 224,83       | 229,26       | 233,69       | 238,12       |
| <b>0,54</b> | 205,68       | 209,89       | 214,10       | 218,30       | 222,51       | 226,71       | 230,92       |
| <b>0,56</b> | 205,68       | 209,89       | 214,10       | 218,30       | 222,51       | 226,71       | 230,92       |
| <b>0,57</b> | 201,96       | 206,04       | 210,13       | 214,21       | 218,29       | 222,38       | 226,46       |
| <b>0,59</b> | 201,96       | 206,04       | 210,13       | 214,21       | 218,29       | 222,38       | 226,46       |
| <b>0,61</b> | 198,29       | 202,25       | 206,22       | 210,18       | 214,14       | 218,11       | 222,07       |
| <b>0,63</b> | 198,29       | 202,25       | 206,22       | 210,18       | 214,14       | 218,11       | 222,07       |
| <b>0,65</b> | 194,73       | 198,57       | 202,41       | 206,25       | 210,09       | 213,93       | 217,77       |
| <b>0,67</b> | 194,73       | 198,57       | 202,41       | 206,25       | 210,09       | 213,93       | 217,77       |
| <b>0,68</b> | 186,65       | 190,19       | 193,73       | 197,27       | 200,81       | 204,34       | 207,88       |
| <b>0,70</b> | 186,65       | 190,19       | 193,73       | 197,27       | 200,81       | 204,34       | 207,88       |
| <b>0,72</b> | 182,68       | 186,08       | 189,47       | 192,87       | 196,26       | 199,66       | 203,05       |
| <b>0,74</b> | 182,68       | 186,08       | 189,47       | 192,87       | 196,26       | 199,66       | 203,05       |
| <b>0,76</b> | 177,47       | 180,67       | 183,86       | 187,05       | 190,25       | 193,44       | 196,64       |
| <b>0,78</b> | 177,47       | 180,67       | 183,86       | 187,05       | 190,25       | 193,44       | 196,64       |
| <b>0,79</b> | 171,06       | 174,02       | 176,97       | 179,92       | 182,87       | 185,83       | 188,78       |
| <b>0,81</b> | 171,06       | 174,02       | 176,97       | 179,92       | 182,87       | 185,83       | 188,78       |
| <b>0,83</b> | 166,14       | 168,90       | 171,66       | 174,41       | 177,17       | 179,93       | 182,68       |
| <b>0,85</b> | 166,14       | 168,90       | 171,66       | 174,41       | 177,17       | 179,93       | 182,68       |
| <b>0,87</b> | 161,44       | 164,02       | 166,60       | 169,17       | 171,75       | 174,33       | 176,91       |
| <b>0,89</b> | 161,44       | 164,02       | 166,60       | 169,17       | 171,75       | 174,33       | 176,91       |
| <b>0,90</b> | 153,83       | 156,10       | 158,37       | 160,65       | 162,92       | 165,19       | 167,47       |
| <b>0,92</b> | 153,83       | 156,10       | 158,37       | 160,65       | 162,92       | 165,19       | 167,47       |
| <b>0,94</b> | 152,29       | 154,50       | 156,72       | 158,93       | 161,14       | 163,36       | 165,57       |
| <b>0,96</b> | 152,29       | 154,50       | 156,72       | 158,93       | 161,14       | 163,36       | 165,57       |
| <b>0,98</b> | 134,57       | 136,12       | 137,66       | 139,20       | 140,75       | 142,29       | 143,84       |
| <b>1,00</b> | 134,57       | 136,12       | 137,66       | 139,20       | 140,75       | 142,29       | 143,84       |
| <b>1,01</b> | 131,28       | 132,71       | 134,15       | 135,58       | 137,02       | 138,45       | 139,88       |
| <b>1,03</b> | 131,28       | 132,71       | 134,15       | 135,58       | 137,02       | 138,45       | 139,88       |
| <b>1,05</b> | 130,05       | 131,48       | 132,90       | 134,33       | 135,76       | 137,18       | 138,61       |
| <b>1,09</b> | 126,77       | 128,12       | 129,47       | 130,81       | 132,16       | 133,51       | 134,85       |



Таблица Б 12 – Коэффициент неравномерности освещения от расстояний между светильниками при различных углах скоса

| Гр/раст | 5,00 | 6,39 | 7,08 | 8,47 | 9,16 | 10,55 | 11,24 | 12,63 | 13,33 | 14,76 | 15,41 | 16,10 | 17,49 | 18,18 | 18,88 | 19,57 | 20,27 | 21,65 | 22,35 | 23,04 |
|---------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,50    | 2,12 | 1,94 | 1,94 | 2,30 | 2,33 | 1,56  | 1,70  | 1,96  | 2,56  | 3,04  | 4,63  | 6,28  | 19,30 | 19,64 | 20,00 | 18,96 | 19,09 | 18,99 | 18,98 | 19,01 |
| 0,52    | 2,12 | 1,94 | 1,94 | 2,30 | 2,33 | 1,56  | 1,70  | 1,96  | 2,56  | 3,04  | 4,63  | 6,28  | 19,30 | 19,64 | 20,00 | 18,96 | 19,09 | 18,99 | 18,98 | 19,01 |
| 0,54    | 2,12 | 1,92 | 1,92 | 2,68 | 2,73 | 1,54  | 1,56  | 1,75  | 1,98  | 2,59  | 3,08  | 4,68  | 19,18 | 19,49 | 19,81 | 20,53 | 19,09 | 19,00 | 18,99 | 19,01 |
| 0,56    | 2,12 | 1,92 | 1,92 | 2,68 | 2,73 | 1,54  | 1,56  | 1,75  | 1,98  | 2,59  | 3,08  | 4,68  | 19,18 | 19,49 | 19,81 | 20,53 | 19,09 | 19,00 | 18,99 | 19,01 |
| 0,57    | 2,50 | 1,89 | 1,90 | 2,66 | 3,32 | 1,52  | 1,54  | 1,72  | 1,95  | 2,23  | 3,03  | 3,71  | 9,53  | 19,34 | 19,63 | 20,42 | 19,08 | 18,98 | 18,98 | 19,00 |
| 0,59    | 2,50 | 1,89 | 1,90 | 2,66 | 3,32 | 1,52  | 1,54  | 1,72  | 1,95  | 2,23  | 3,03  | 3,71  | 9,53  | 19,34 | 19,63 | 20,42 | 19,08 | 18,98 | 18,98 | 19,00 |
| 0,61    | 2,49 | 1,87 | 1,88 | 2,62 | 3,27 | 1,50  | 1,53  | 1,58  | 1,74  | 1,97  | 2,58  | 2,65  | 6,33  | 19,21 | 19,50 | 20,21 | 20,65 | 19,00 | 18,99 | 19,01 |
| 0,63    | 2,49 | 1,87 | 1,88 | 2,62 | 3,27 | 1,50  | 1,53  | 1,58  | 1,74  | 1,97  | 2,58  | 2,65  | 6,33  | 19,21 | 19,50 | 20,21 | 20,65 | 19,00 | 18,99 | 19,01 |
| 0,65    | 2,48 | 1,85 | 1,86 | 2,59 | 3,24 | 1,48  | 1,51  | 1,57  | 1,60  | 1,76  | 1,99  | 2,61  | 4,72  | 6,40  | 19,36 | 20,02 | 20,44 | 18,98 | 18,98 | 19,00 |
| 0,67    | 2,48 | 1,85 | 1,86 | 2,59 | 3,24 | 1,48  | 1,51  | 1,57  | 1,60  | 1,76  | 1,99  | 2,61  | 4,72  | 6,40  | 19,36 | 20,02 | 20,44 | 18,98 | 18,98 | 19,00 |
| 0,68    | 2,47 | 1,83 | 1,84 | 2,56 | 3,20 | 1,47  | 1,49  | 1,55  | 1,58  | 1,62  | 1,78  | 2,02  | 3,14  | 4,78  | 6,46  | 19,85 | 20,23 | 21,06 | 18,97 | 18,99 |
| 0,70    | 2,47 | 1,83 | 1,84 | 2,56 | 3,20 | 1,47  | 1,49  | 1,55  | 1,58  | 1,62  | 1,78  | 2,02  | 3,14  | 4,78  | 6,46  | 19,85 | 20,23 | 21,06 | 18,97 | 18,99 |
| 0,72    | 2,46 | 1,85 | 1,82 | 2,53 | 3,16 | 1,58  | 1,48  | 1,53  | 1,57  | 1,61  | 1,76  | 1,80  | 2,67  | 3,79  | 4,84  | 19,75 | 20,10 | 20,96 | 18,99 | 19,01 |
| 0,74    | 2,46 | 1,85 | 1,82 | 2,53 | 3,16 | 1,58  | 1,48  | 1,53  | 1,57  | 1,61  | 1,76  | 1,80  | 2,67  | 3,79  | 4,84  | 19,75 | 20,10 | 20,96 | 18,99 | 19,01 |
| 0,76    | 2,46 | 1,83 | 1,82 | 2,50 | 3,12 | 1,64  | 1,58  | 1,52  | 1,55  | 1,59  | 1,62  | 1,78  | 2,07  | 2,70  | 4,78  | 6,61  | 19,96 | 20,72 | 21,19 | 19,01 |
| 0,78    | 2,46 | 1,83 | 1,82 | 2,50 | 3,12 | 1,64  | 1,58  | 1,52  | 1,55  | 1,59  | 1,62  | 1,78  | 2,07  | 2,70  | 4,78  | 6,61  | 19,96 | 20,72 | 21,19 | 19,01 |
| 0,79    | 2,46 | 1,82 | 1,81 | 2,47 | 3,09 | 1,79  | 1,64  | 1,50  | 1,54  | 1,57  | 1,61  | 1,64  | 2,04  | 2,67  | 3,17  | 6,54  | 19,83 | 20,54 | 20,96 | 19,00 |
| 0,81    | 2,46 | 1,82 | 1,81 | 2,47 | 3,09 | 1,79  | 1,64  | 1,50  | 1,54  | 1,57  | 1,61  | 1,64  | 2,04  | 2,67  | 3,17  | 6,54  | 19,83 | 20,54 | 20,96 | 19,00 |
| 0,83    | 2,46 | 1,81 | 1,80 | 2,45 | 3,05 | 1,80  | 1,62  | 1,48  | 1,52  | 1,55  | 1,59  | 1,62  | 1,83  | 2,06  | 2,70  | 4,89  | 6,63  | 20,39 | 20,76 | 21,58 |
| 0,85    | 2,46 | 1,81 | 1,80 | 2,45 | 3,05 | 1,80  | 1,62  | 1,48  | 1,52  | 1,55  | 1,59  | 1,62  | 1,83  | 2,06  | 2,70  | 4,89  | 6,63  | 20,39 | 20,76 | 21,58 |
| 0,89    | 2,46 | 1,81 | 1,79 | 2,43 | 3,02 | 1,94  | 1,76  | 1,47  | 1,50  | 1,54  | 1,57  | 1,61  | 1,80  | 1,85  | 2,09  | 3,89  | 4,96  | 20,28 | 20,61 | 21,54 |
| 0,92    | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,41 | 2,99 | 2,17  | 1,94  | 1,53  | 1,49  | 1,52  | 1,56  | 1,59  | 1,67  | 1,82  | 1,88  | 3,22  | 3,94  | 10,11 | 20,48 | 21,32 |
| 0,96    | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,95 | 2,69  | 2,32  | 1,75  | 1,62  | 1,49  | 1,53  | 1,56  | 1,64  | 1,68  | 1,72  | 2,12  | 2,77  | 5,04  | 6,81  | 20,97 |

## Продолжение приложения Б

## Продолжение таблицы Б 12

|             |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| <b>0,98</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 4,61  | 3,95  | 2,28  | 2,11  | 1,92  | 1,60  | 1,50  | 1,58  | 1,62  | 1,66  | 1,74  | 1,77  | 2,19  | 2,86  | 5,19 |
| <b>1,00</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 4,61  | 3,95  | 2,28  | 2,11  | 1,92  | 1,60  | 1,50  | 1,58  | 1,62  | 1,66  | 1,74  | 1,77  | 2,19  | 2,86  | 5,19 |
| <b>1,01</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 6,81  | 4,65  | 2,64  | 2,31  | 1,89  | 1,74  | 1,49  | 1,57  | 1,61  | 1,65  | 1,72  | 1,76  | 1,97  | 2,23  | 4,14 |
| <b>1,03</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 6,81  | 4,65  | 2,64  | 2,31  | 1,89  | 1,74  | 1,49  | 1,57  | 1,61  | 1,65  | 1,72  | 1,76  | 1,97  | 2,23  | 4,14 |
| <b>1,05</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 13,44 | 6,86  | 3,14  | 2,66  | 2,09  | 1,76  | 1,60  | 1,55  | 1,59  | 1,63  | 1,71  | 1,75  | 1,83  | 2,00  | 3,43 |
| <b>1,07</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 13,44 | 6,86  | 3,14  | 2,66  | 2,09  | 1,76  | 1,60  | 1,55  | 1,59  | 1,63  | 1,71  | 1,75  | 1,83  | 2,00  | 3,43 |
| <b>1,09</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,20 | 10,08 | 10,09 | 13,18 | 13,39 | 13,68 | 14,64 | 5,53  | 3,91  | 2,36  | 1,91  | 1,65  | 1,69  | 1,78 |
| <b>1,11</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,32 | 10,19 | 10,09 | 10,08 | 13,21 | 13,40 | 13,61 | 14,46 | 7,47  | 5,15  | 2,70  | 2,11  | 1,65  | 1,68  | 1,77 |
| <b>1,12</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,20 | 10,08 | 10,07 | 10,08 | 13,39 | 13,58 | 14,28 | 14,79 | 7,65  | 3,15  | 2,37  | 1,63  | 1,67  | 1,76 |
| <b>1,14</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 10,32 | 10,19 | 10,09 | 10,08 | 10,08 | 13,39 | 13,59 | 14,15 | 14,61 | 15,18 | 3,81  | 2,70  | 1,78  | 1,66  | 1,74 |
| <b>1,16</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,32 | 10,20 | 10,09 | 10,07 | 10,08 | 10,07 | 13,58 | 14,06 | 14,45 | 14,97 | 4,00  | 2,66  | 1,93  | 1,64  | 1,74 |
| <b>1,18</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 10,32 | 10,19 | 10,10 | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 10,16 | 14,03 | 14,34 | 14,80 | 5,30  | 3,79  | 2,18  | 1,86  | 1,73 |
| <b>1,20</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,19 | 10,09 | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 10,14 | 14,02 | 14,26 | 14,63 | 7,85  | 4,05  | 2,48  | 2,03  | 1,72 |
| <b>1,27</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,32 | 10,19 | 10,09 | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 10,14 | 10,07 | 10,09 | 14,48 | 15,10 | 15,62 | 5,58  | 3,14  | 1,97 |
| <b>1,29</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,32 | 10,20 | 10,09 | 10,07 | 10,08 | 10,08 | 10,14 | 10,07 | 10,07 | 14,49 | 15,02 | 15,46 | 5,53  | 3,75  | 2,28 |
| <b>1,31</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,20 | 10,09 | 10,07 | 10,07 | 10,07 | 10,13 | 10,07 | 10,07 | 10,09 | 14,98 | 15,32 | 8,25  | 4,25  | 2,58 |
| <b>1,34</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,20 | 10,08 | 10,07 | 10,07 | 10,07 | 10,13 | 10,06 | 10,07 | 10,07 | 15,00 | 15,23 | 16,17 | 8,35  | 2,94 |
| <b>1,36</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 10,33 | 10,20 | 10,10 | 10,08 | 10,09 | 10,08 | 10,15 | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 15,04 | 15,26 | 15,99 | 16,58 | 3,74 |
| <b>1,38</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,92 | 10,31 | 10,20 | 10,08 | 10,07 | 10,07 | 10,07 | 10,13 | 10,06 | 10,07 | 10,07 | 15,00 | 15,23 | 16,17 | 8,35  | 2,94 |
| <b>1,40</b> | 2,46 | 1,81 | 1,78 | 2,38 | 2,93 | 10,33 | 10,20 | 10,10 | 10,08 | 10,09 | 10,08 | 10,15 | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 15,04 | 15,26 | 15,99 | 16,58 | 3,74 |

## Продолжение приложения Б

## Продолжение таблицы Б 12

|             | 24,43 | 25,12 | 26,51 | 27,20 | 28,59 | 29,29 | 30,67 | 31,37 | 32,06 | 33,45 | 34,14 | 35,53 | 36,22 | 37,61 | 38,31 | 39,00 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>0,50</b> | 19,01 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 37,75 | 18,98 | 9,46  | 5,27  | 3,63  | 3,24  | 18,98 | 9,46  | 5,27  | 3,63  | 3,24  |
| <b>0,52</b> | 19,01 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 37,75 | 18,98 | 9,46  | 5,27  | 3,63  | 3,24  | 18,98 | 9,46  | 5,27  | 3,63  | 3,24  |
| <b>0,54</b> | 19,04 | 19,16 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 38,44 | 12,79 | 5,34  | 3,70  | 3,29  | 38,44 | 12,79 | 5,34  | 3,70  | 3,29  |
| <b>0,56</b> | 19,04 | 19,16 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 38,44 | 12,79 | 5,34  | 3,70  | 3,29  | 38,44 | 12,79 | 5,34  | 3,70  | 3,29  |
| <b>0,57</b> | 19,02 | 19,14 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,07 | 38,92 | 19,33 | 5,43  | 5,36  | 3,35  | 38,92 | 19,33 | 5,43  | 5,36  | 3,35  |
| <b>0,59</b> | 19,02 | 19,14 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,07 | 38,92 | 19,33 | 5,43  | 5,36  | 3,35  | 38,92 | 19,33 | 5,43  | 5,36  | 3,35  |
| <b>0,61</b> | 19,03 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 39,60 | 39,20 | 6,44  | 5,43  | 3,76  | 39,60 | 39,20 | 6,44  | 5,43  | 3,76  |
| <b>0,63</b> | 19,03 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 39,60 | 39,20 | 6,44  | 5,43  | 3,76  | 39,60 | 39,20 | 6,44  | 5,43  | 3,76  |
| <b>0,65</b> | 19,01 | 19,16 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,07 | 40,18 | 39,67 | 7,85  | 5,52  | 3,80  | 40,18 | 39,67 | 7,85  | 5,52  | 3,80  |
| <b>0,67</b> | 19,01 | 19,16 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,07 | 40,18 | 39,67 | 7,85  | 5,52  | 3,80  | 40,18 | 39,67 | 7,85  | 5,52  | 3,80  |
| <b>0,68</b> | 19,01 | 19,14 | 19,03 | 19,03 | 19,05 | 19,06 | 39,72 | 40,22 | 9,90  | 5,62  | 5,52  | 39,72 | 40,22 | 9,90  | 5,62  | 5,52  |
| <b>0,70</b> | 19,01 | 19,14 | 19,03 | 19,03 | 19,05 | 19,06 | 39,72 | 40,22 | 9,90  | 5,62  | 5,52  | 39,72 | 40,22 | 9,90  | 5,62  | 5,52  |
| <b>0,72</b> | 19,03 | 19,16 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 19,09 | 40,79 | 10,06 | 6,63  | 5,62  | 19,09 | 40,79 | 10,06 | 6,63  | 5,62  |
| <b>0,74</b> | 19,03 | 19,16 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 19,09 | 40,79 | 10,06 | 6,63  | 5,62  | 19,09 | 40,79 | 10,06 | 6,63  | 5,62  |
| <b>0,76</b> | 19,02 | 19,15 | 19,04 | 19,06 | 19,07 | 19,07 | 19,09 | 41,04 | 13,60 | 8,08  | 5,69  | 19,09 | 41,04 | 13,60 | 8,08  | 5,69  |
| <b>0,79</b> | 19,02 | 19,15 | 19,04 | 19,05 | 19,07 | 19,07 | 19,09 | 40,67 | 20,56 | 10,25 | 5,79  | 19,09 | 40,67 | 20,56 | 10,25 | 5,79  |
| <b>0,81</b> | 19,02 | 19,15 | 19,04 | 19,05 | 19,07 | 19,07 | 19,09 | 40,67 | 20,56 | 10,25 | 5,79  | 19,09 | 40,67 | 20,56 | 10,25 | 5,79  |
| <b>0,83</b> | 19,02 | 19,15 | 19,04 | 19,04 | 19,07 | 19,07 | 19,09 | 19,09 | 41,66 | 10,35 | 8,24  | 19,09 | 19,09 | 41,66 | 10,35 | 8,24  |
| <b>0,85</b> | 19,02 | 19,15 | 19,04 | 19,04 | 19,07 | 19,07 | 19,09 | 19,09 | 41,66 | 10,35 | 8,24  | 19,09 | 19,09 | 41,66 | 10,35 | 8,24  |
| <b>0,90</b> | 21,86 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 19,10 | 19,10 | 42,69 | 21,30 | 10,56 | 19,10 | 19,10 | 42,69 | 21,30 | 10,56 |
| <b>0,92</b> | 21,86 | 19,15 | 19,05 | 19,05 | 19,07 | 19,08 | 19,10 | 19,10 | 42,69 | 21,30 | 10,56 | 19,10 | 19,10 | 42,69 | 21,30 | 10,56 |
| <b>0,94</b> | 21,38 | 19,14 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,06 | 19,08 | 19,09 | 43,48 | 43,46 | 14,40 | 19,08 | 19,09 | 43,48 | 43,46 | 14,40 |
| <b>0,96</b> | 21,38 | 19,14 | 19,04 | 19,04 | 19,06 | 19,06 | 19,08 | 19,09 | 43,48 | 43,46 | 14,40 | 19,08 | 19,09 | 43,48 | 43,46 | 14,40 |
| <b>0,98</b> | 7,01  | 21,67 | 22,12 | 22,68 | 19,05 | 19,06 | 19,09 | 19,09 | 19,21 | 44,46 | 45,47 | 19,09 | 19,09 | 19,21 | 44,46 | 45,47 |

*Продолжение приложения Б*

## Окончание таблицы Б 12

|             |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>1,00</b> | 7,01 | 21,67 | 22,12 | 22,68 | 19,05 | 19,06 | 19,09 | 19,09 | 19,21 | 44,46 | 45,47 | 19,09 | 19,09 | 19,21 | 44,46 | 45,47 |
| <b>1,01</b> | 5,27 | 21,57 | 21,98 | 22,46 | 19,07 | 19,08 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,14 | 46,22 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,14 | 46,22 |
| <b>1,03</b> | 5,27 | 21,57 | 21,98 | 22,46 | 19,07 | 19,08 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,14 | 46,22 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,14 | 46,22 |
| <b>1,05</b> | 4,20 | 21,43 | 21,83 | 22,27 | 23,31 | 19,07 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,13 | 46,12 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,13 | 46,12 |
| <b>1,07</b> | 4,20 | 21,43 | 21,83 | 22,27 | 23,31 | 19,07 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,13 | 46,12 | 19,08 | 19,10 | 19,23 | 19,13 | 46,12 |
| <b>1,09</b> | 1,83 | 1,91  | 1,96  | 2,00  | 2,09  | 2,26  | 3,89  | 4,77  | 12,16 | 24,74 | 25,36 | 3,89  | 4,77  | 12,16 | 24,74 | 25,36 |
| <b>1,11</b> | 1,82 | 1,90  | 1,95  | 1,99  | 2,09  | 2,13  | 2,92  | 3,96  | 6,21  | 24,65 | 25,23 | 2,92  | 3,96  | 6,21  | 24,65 | 25,23 |
| <b>1,12</b> | 1,81 | 1,89  | 1,94  | 1,98  | 2,08  | 2,12  | 2,59  | 2,99  | 6,16  | 8,27  | 25,09 | 2,59  | 2,99  | 6,16  | 8,27  | 25,09 |
| <b>1,14</b> | 1,80 | 1,88  | 1,93  | 1,97  | 2,07  | 2,11  | 2,34  | 2,65  | 6,11  | 6,27  | 8,39  | 2,34  | 2,65  | 6,11  | 6,27  | 8,39  |
| <b>1,16</b> | 1,78 | 1,87  | 1,92  | 1,96  | 2,06  | 2,11  | 2,31  | 2,62  | 4,89  | 6,21  | 6,39  | 2,31  | 2,62  | 4,89  | 6,21  | 6,39  |
| <b>1,18</b> | 1,77 | 1,86  | 1,91  | 1,96  | 2,05  | 2,10  | 2,19  | 2,36  | 3,09  | 5,02  | 6,36  | 2,19  | 2,36  | 3,09  | 5,02  | 6,36  |
| <b>1,20</b> | 1,77 | 1,85  | 1,90  | 1,95  | 2,04  | 2,09  | 2,19  | 2,23  | 2,74  | 4,96  | 6,30  | 2,19  | 2,23  | 2,74  | 4,96  | 6,30  |
| <b>1,22</b> | 1,76 | 1,84  | 1,89  | 1,94  | 2,04  | 2,08  | 2,18  | 2,22  | 2,71  | 3,13  | 5,05  | 2,18  | 2,22  | 2,71  | 3,13  | 5,05  |
| <b>1,23</b> | 1,75 | 1,83  | 1,89  | 1,93  | 2,03  | 2,07  | 2,18  | 2,22  | 2,44  | 2,78  | 3,63  | 2,18  | 2,22  | 2,44  | 2,78  | 3,63  |
| <b>1,25</b> | 1,74 | 1,82  | 1,88  | 1,92  | 2,02  | 2,07  | 2,16  | 2,22  | 2,30  | 2,51  | 3,16  | 2,16  | 2,22  | 2,30  | 2,51  | 3,16  |
| <b>1,27</b> | 1,72 | 1,81  | 1,87  | 1,91  | 2,02  | 2,06  | 2,16  | 2,21  | 2,30  | 2,48  | 2,81  | 2,16  | 2,21  | 2,30  | 2,48  | 2,81  |
| <b>1,29</b> | 1,73 | 1,81  | 1,86  | 1,90  | 2,01  | 2,05  | 2,15  | 2,20  | 2,30  | 2,35  | 2,53  | 2,15  | 2,20  | 2,30  | 2,35  | 2,53  |
| <b>1,31</b> | 1,88 | 1,80  | 1,85  | 1,90  | 2,00  | 2,05  | 2,15  | 2,19  | 2,29  | 2,35  | 2,39  | 2,15  | 2,19  | 2,29  | 2,35  | 2,39  |
| <b>1,33</b> | 2,33 | 1,79  | 1,84  | 1,89  | 1,99  | 2,04  | 2,14  | 2,19  | 2,28  | 2,35  | 2,39  | 2,14  | 2,19  | 2,28  | 2,35  | 2,39  |
| <b>1,34</b> | 2,64 | 1,78  | 1,83  | 1,88  | 1,99  | 2,03  | 2,13  | 2,19  | 2,28  | 2,34  | 2,39  | 2,13  | 2,19  | 2,28  | 2,34  | 2,39  |
| <b>1,36</b> | 2,62 | 1,77  | 1,83  | 1,87  | 1,97  | 2,02  | 2,13  | 2,18  | 2,28  | 2,34  | 2,38  | 2,13  | 2,18  | 2,28  | 2,34  | 2,38  |
| <b>1,38</b> | 2,64 | 1,78  | 1,83  | 1,88  | 1,99  | 2,03  | 2,13  | 2,19  | 2,28  | 2,34  | 2,39  | 2,13  | 2,19  | 2,28  | 2,34  | 2,39  |
| <b>1,4</b>  | 2,62 | 1,77  | 1,83  | 1,87  | 1,97  | 2,02  | 2,13  | 2,18  | 2,28  | 2,34  | 2,38  | 2,13  | 2,18  | 2,28  | 2,34  | 2,38  |

Таблица Б 13 – Уровень освещенности от одного осветительного прибора при угле скоса 10°

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 46 | 53 | 47 | 59 | 61 | 61 | 59 | 47 | 53 | 44 |
| 50 | 55 | 55 | 62 | 65 | 65 | 62 | 55 | 55 | 50 |
| 54 | 61 | 59 | 65 | 68 | 68 | 65 | 59 | 61 | 54 |
| 63 | 70 | 67 | 70 | 71 | 72 | 70 | 67 | 71 | 63 |
| 64 | 70 | 68 | 70 | 72 | 72 | 70 | 68 | 70 | 64 |
| 64 | 70 | 68 | 70 | 73 | 73 | 70 | 68 | 70 | 64 |
| 62 | 70 | 66 | 70 | 71 | 71 | 70 | 66 | 70 | 62 |
| 64 | 61 | 60 | 65 | 67 | 69 | 65 | 60 | 61 | 64 |
| 48 | 55 | 55 | 61 | 65 | 65 | 61 | 55 | 55 | 48 |
| 45 | 53 | 49 | 59 | 62 | 62 | 59 | 49 | 53 | 45 |

Таблица Б 14 - Уровень освещенности от одного осветительного прибора при угле скоса 15°

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 56 | 57 | 50 | 59 | 61 | 61 | 59 | 50 | 57 | 56 |
| 59 | 59 | 57 | 62 | 65 | 65 | 62 | 57 | 59 | 59 |
| 64 | 65 | 62 | 65 | 68 | 68 | 65 | 62 | 65 | 64 |
| 69 | 70 | 66 | 70 | 72 | 72 | 70 | 66 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 66 | 70 | 72 | 72 | 70 | 66 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 66 | 70 | 73 | 73 | 70 | 66 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 66 | 70 | 71 | 71 | 70 | 66 | 70 | 69 |
| 64 | 63 | 58 | 65 | 67 | 69 | 65 | 58 | 63 | 64 |
| 58 | 59 | 56 | 61 | 65 | 65 | 61 | 56 | 59 | 58 |
| 56 | 57 | 51 | 59 | 62 | 62 | 59 | 51 | 57 | 56 |

Таблица Б 15 - Уровень освещенности от одного осветительного прибора при угле скоса 20°

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 52 | 53 | 38 | 59 | 61 | 61 | 59 | 38 | 53 | 52 |
| 55 | 55 | 46 | 62 | 65 | 65 | 62 | 46 | 55 | 55 |
| 60 | 61 | 50 | 65 | 68 | 68 | 65 | 50 | 61 | 60 |
| 69 | 70 | 56 | 70 | 72 | 72 | 70 | 56 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 57 | 70 | 72 | 72 | 70 | 57 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 57 | 70 | 73 | 73 | 70 | 57 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 56 | 70 | 71 | 71 | 70 | 56 | 70 | 69 |
| 60 | 61 | 50 | 65 | 67 | 69 | 65 | 50 | 61 | 60 |
| 55 | 55 | 46 | 61 | 65 | 65 | 61 | 46 | 55 | 55 |

Таблица Б 16 – Уровень освещенности от одного осветительного прибора при угле скоса 25°

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 52 | 53 | 34 | 59 | 61 | 61 | 59 | 34 | 53 | 52 |
| 55 | 55 | 42 | 62 | 65 | 65 | 62 | 42 | 55 | 55 |
| 60 | 61 | 46 | 65 | 68 | 68 | 65 | 46 | 61 | 60 |
| 69 | 70 | 52 | 70 | 72 | 72 | 70 | 52 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 53 | 70 | 72 | 72 | 70 | 53 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 53 | 70 | 73 | 73 | 70 | 53 | 70 | 69 |
| 69 | 70 | 52 | 70 | 71 | 71 | 70 | 52 | 70 | 69 |
| 60 | 61 | 46 | 65 | 67 | 69 | 65 | 46 | 61 | 60 |
| 55 | 55 | 42 | 61 | 65 | 65 | 61 | 42 | 55 | 55 |
| 52 | 53 | 35 | 59 | 62 | 62 | 59 | 35 | 53 | 52 |

Таблица Б 17 – Уровень освещенности от двух осветительных приборов при угле скоса 15° L=50 см

|     |     |     |     |    |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 126 | 146 | 145 | 137 | 44 | 138 | 146 | 147 | 126 |
| 129 | 152 | 148 | 144 | 52 | 145 | 149 | 153 | 128 |
| 142 | 156 | 152 | 148 | 53 | 148 | 150 | 157 | 142 |
| 143 | 157 | 151 | 147 | 53 | 149 | 151 | 156 | 141 |
| 128 | 152 | 147 | 143 | 51 | 143 | 148 | 152 | 128 |
| 125 | 146 | 145 | 136 | 42 | 136 | 145 | 148 | 127 |

Таблица Б 18 – Уровень освещенности в лаборатории от двух осветительных приборов при угле скоса 15° L=61 см

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 128 | 148 | 67  | 143 | 67  | 150 | 130 | 124 |
| 131 | 133 | 155 | 99  | 145 | 100 | 157 | 135 | 130 |
| 147 | 143 | 158 | 138 | 148 | 139 | 159 | 146 | 148 |
| 146 | 142 | 157 | 137 | 147 | 139 | 160 | 145 | 147 |
| 130 | 132 | 153 | 98  | 144 | 98  | 156 | 134 | 129 |
| 121 | 127 | 146 | 66  | 142 | 66  | 149 | 129 | 123 |



*Продолжение приложения Б*Таблица Б 19 – Результаты замеров уровня освещенности в лаборатории двух осветительных приборов при угле скоса  $15^\circ$  L=81 см

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 125 | 84  | 144 | 137 | 145 | 84  | 125 | 124 |
| 125 | 130 | 112 | 152 | 141 | 152 | 113 | 131 | 127 |
| 146 | 135 | 128 | 157 | 143 | 157 | 128 | 136 | 148 |
| 145 | 134 | 129 | 158 | 142 | 158 | 129 | 135 | 147 |
| 124 | 129 | 112 | 150 | 140 | 151 | 112 | 130 | 126 |
| 122 | 124 | 82  | 147 | 136 | 144 | 85  | 124 | 123 |

Таблица Б 20 – Результаты замеров уровня освещенности в лаборатории двух осветительных приборов при угле скоса  $15^\circ$  L=96 см

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 88  | 131 | 132 | 137 | 133 | 132 | 89  | 125 |
| 126 | 113 | 136 | 139 | 141 | 139 | 137 | 115 | 128 |
| 147 | 128 | 141 | 140 | 143 | 140 | 142 | 130 | 149 |
| 146 | 129 | 140 | 139 | 143 | 139 | 141 | 131 | 148 |
| 125 | 112 | 135 | 138 | 141 | 138 | 136 | 113 | 127 |
| 122 | 86  | 130 | 131 | 138 | 130 | 131 | 87  | 124 |

Таблица Б 21 – Результаты замеров уровня освещенности в лаборатории двух осветительных приборов при угле скоса  $15^\circ$  L=120 см

|     |     |     |     |    |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 88  | 128 | 118 | 92  | 10 | 92  | 118 | 128 |
| 113 | 132 | 120 | 95  | 11 | 95  | 120 | 132 |
| 128 | 136 | 126 | 100 | 12 | 100 | 126 | 137 |
| 129 | 138 | 127 | 101 | 13 | 101 | 127 | 138 |
| 112 | 133 | 120 | 96  | 12 | 96  | 120 | 133 |
| 86  | 129 | 119 | 93  | 11 | 93  | 119 | 129 |

Таблица Б 22 – Измерение уровня освещенности в коровнике

| Точки измерения                                         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        |
|---------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| освещенность, Е<br>лк.1-го замера                       | 14        | 27        | 35        | 57        | 20        | 16        | 26        | 34        | 61        | 17        | 21        | 25        | 33        | 65        | 21        |
| освещенность, Е<br>лк.2-го замера                       | 15        | 26        | 36        | 58        | 21        | 14        | 26        | 33        | 62        | 18        | 21        | 26        | 33        | 64        | 22        |
| освещенность, Е<br>лк.3-го замера                       | 14        | 27        | 35        | 59        | 20        | 15        | 27        | 32        | 63        | 17        | 20        | 26        | 34        | 64        | 21        |
| Среднее значение Е                                      | 31,57лк.  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Оценка параметра                                        | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        |
| Среднее<br>арифметическое                               | 14,3<br>3 | 26,6<br>7 | 35,3<br>3 | 58,0<br>0 | 20,3<br>3 | 15,0<br>0 | 26,3<br>3 | 33,0<br>0 | 62,0<br>0 | 17,3<br>3 | 20,6<br>7 | 25,6<br>7 | 33,3<br>3 | 64,3<br>3 | 21,3<br>3 |
| Дисперсия $\sigma^2$                                    | 0,33      | 0,33      | 0,33      | 1,00      | 0,33      | 1,00      | 0,33      | 1,00      | 1,00      | 0,33      | 0,33      | 0,33      | 0,33      | 0,33      | 0,33      |
| Среднее<br>квадратичное                                 | 0,58      | 0,58      | 0,58      | 1,00      | 0,58      | 1,00      | 0,58      | 1,00      | 1,00      | 0,58      | 0,58      | 0,58      | 0,58      | 0,58      | 0,58      |
| Коэффициент<br>вариации, %                              | 4,03      | 2,17      | 1,63      | 1,72      | 2,84      | 6,67      | 2,19      | 3,03      | 1,61      | 3,33      | 2,79      | 2,25      | 1,73      | 0,90      | 2,71      |
| Коэффициент<br>Стьюдента при $\nu=3$ и<br>$P=0,95$      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      | 4,30      |
| Доверительный<br>интервал<br>(погрешность<br>измерения) | 1,43      | 1,43      | 1,43      | 2,48      | 1,43      | 2,48      | 1,43      | 2,48      | 2,48      | 1,43      | 1,43      | 1,43      | 1,43      | 1,43      | 1,43      |
| Точность опытов                                         | 2,33      | 1,25      | 0,94      | 1,00      | 1,64      | 3,85      | 1,27      | 1,75      | 0,93      | 1,92      | 1,61      | 1,30      | 1,00      | 0,52      | 1,56      |
| относительная<br>погрешность                            | 10,0<br>1 | 5,38      | 4,06      | 4,28      | 7,05      | 16,5<br>6 | 5,45      | 7,53      | 4,01      | 8,28      | 6,94      | 5,59      | 4,30      | 2,23      | 6,72      |

Приложение В – Акты внедрения в производство

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>СОГЛАСОВАНО</b><br/>         Врио ректора ФГБОУ ВО<br/>         Ижевская ГСХА</p> <p><br/>         А.И. Любимов<br/>         20 05 2020г. 20</p> <p></p> | <p><b>УТВЕРЖДАЮ</b><br/>         Заместитель министра сельского хозяйства<br/>         и продовольствия Удмуртской Республики</p> <p><br/>         М.В. Юдин<br/>         20</p> <p></p> |
| <p><b>РЕШЕНИЕ</b><br/>         Научно-технического совета</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики по вопросу обсуждения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ выполненных в ФГБОУ ВО Ижевская ГАСХА в период с 2016 – 2020 года в рамках госбюджетной программы НИР факультета Энергетики и электрификации «Повышение эффективности работы энергосберегающих осветительных электроустановок в сельском хозяйстве Удмуртской Республики» № ГР 01200951811 по докладу Широбоковой Татьяны Александровны к.т.н., доцент кафедры «Электротехники, электрооборудования и электроснабжения» **«Разработка технических решений для эффективного и адаптивного регулирования светодиодного освещения в животноводческих и птицеводческих предприятиях»**

**ПОСТАНОВЛЯЕТ:**

1. Считать тему исследований проводимой в Ижевской ГСХА по разработке адаптивных технических систем регулирования оптимального числа светодиодов, алгоритм управления автоматической системой регулирования величины освещенности в системе освещения животноводческих и птицеводческих предприятиях различной специализации помещениях с учетом светоклиматических условий; актуальной и имеющей важное народнохозяйственное значение для динамично – устойчивого развития аграрного сектора сельских территорий и социального роста уровня жизни населения.
2. Рекомендовать результаты научных исследований и сформулированные на их основе научные положения по разработке системы адаптивного регулирования на основе многофункциональных светодиодных осветительных приборов для сельскохозяйственных предприятий Удмуртской Республики, специализирующихся при производстве животноводческой и птицеводческой продукции.

Проректор по науке и инновациям  
 доктор с.-х. наук, профессор



С.И. Коконов

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ В  
АГРЫЗСКОМ МУНИЦИПАЛЬНОМ  
РАЙОНЕ**

422230, г. Агрыз, ул. Гагарина, д.70

Тел. (85551) 2-28-52, факс (85551) 2-29-57, E-mail: электронный адрес: [Lenar.Sabirov@tatar.ru](mailto:Lenar.Sabirov@tatar.ru)  
ОКПО 00684760, ОГРН 1021600516300, ИНН/КПП 1601000110/160101001,  
р/с 40201810900000000002



**ТАТАРСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
АВЫЛ ХУЖАЛЫГЫ ҺӘМ  
АЗЫК-ТӨЛЕК  
МИНИСТРЛЫГЫ**

**ӘГЕРЖЕ МУНИЦИПАЛЬ  
РАЙОНЫНДАГЫ АВЫЛ ХУЖАЛЫГЫ  
ҺӘМ АЗЫК-ТӨЛЕК ИДАРӘСЕ**

422230, Әгерҗе шәһәре, Гагарин урамы, 70  
Йорт

24.09.2020 № 152  
На № 10546

**ОТЗЫВ**

Заслушав и обсудив доклад доцента кафедры «Электротехники, электрооборудования и электроснабжения» ФГБОУ ВО Ижевской ГСХА, к.т.н. Татьяны Александровны Широбоковой, руководствуясь постановлением Правительства РФ от 15 июля 2013 года N 598 О федеральной целевой программе "Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года", постановлением государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Татарстан на 2013 – 2020 годы» управление сельского хозяйства и продовольствия Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан в Агрызском муниципальном районе Республики Татарстан отмечает следующее:

1. Считать проводимые Т.А. Широбоковой исследования по совершенствованию и разработке технических средств и систем регулирования освещенности в животноводческих и птицеводческих предприятиях различной специализации, актуальными и имеющими важное значение для народно - хозяйственной деятельности развития аграрного сектора Агрызского муниципального района Республики Татарстан .
2. Рекомендовать результаты научных исследований, положения и рекомендации по совершенствованию и разработке технических средств и систем освещения в рамках мероприятий по реализации программ развития сельского хозяйства в животноводческих и птицеводческих предприятиях всех направлений.

Начальник управления  
сельского хозяйства и продовольствия  
в Агрызском муниципальном районе  
Республики Татарстан



Д.Г. Гатауллин



УТВЕРЖДАЮ:

Директор  
ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ  
"УВИНСКИЙ". Шкарупа Е.И.



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
профессор Любимов А.И.



Акт

### О внедрении результатов научно - исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся: Директор ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ "УВИНСКИЙ" Шкарупа Е.И., гл.энергетик Носков Г. Ю. с одной стороны, д.сельскохозяйственных наук., профессор Боганов С.Д., к.т.н., доцент Широбокова Т.А., к.ф.м.н., доцент Баранова И.А. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА с другой стороны, составили настоящий акт о внедрении законченной научно – технической работы на тему: «Реализация энергосберегающего режима освещения в птицеводческом помещении за счет автоматизированной системы управления»

Результатом законченной научно – исследовательской работы является программа регулирования освещенности для птицеводческих помещений, в частности автоматического регулирования, управления и поддержания параметров освещения в помещениях для содержания птиц, в зависимости от кросса, технологий содержания и возраста птицы, путем использования программируемых логических контроллеров. Внедряемая программа позволяет регулировать и управлять длительностью светового дня, интенсивностью освещения, продолжительностью светового дня с учетом возраста и живой массы птицы для достижения оптимальных продуктивных, репродуктивных показателей и повышения эффективности мясного птицеводства, позволяющей повысить качество продукции и существенно снизить затраты на топливно-энергетические ресурсы.

Представители

ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ "УВИНСКИЙ"

Представители

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Главный энергетик Носков Г. Ю.*

*С.Д. Боганов*

*Т.А. Широбокова*

*И.А. Баранова*

*Продолжение приложения В*

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АКВА-РЕСУРС"

427795, Удмуртская Республика  
город Можга, Базовый переулок, 3  
Тел. +79127655241

Настоящим подтверждается, что сотрудниками ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, профессором Юраном С.И., доцентом Ширококовой Т.А., аспирантом Иксановым И.И. переданы в ООО «АКВА-РЕСУРС» рекомендации и рабочие чертежи на устройство светодиодного осветительного прибора для освещения животноводческих предприятий по патенту № 157781 Российской Федерации /Светодиодный осветительный прибор/ И.И. Иксанов, Т.А. Ширококова, С.И. Юран. – Оpubл. 10.12.2015. Бюл. № 34.

Согласно полученной документации на базе предприятия в период с февраля по июнь 2016 г. изготовлена партия более 200 штук светодиодных осветительных приборов, а так же отлажено и запущено серийное производство.

Директор



/ Хорошилов А.В.

*Продолжение приложения В*

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

"РЕМОНТЭНЕРГОМОНТАЖСЕРВИС"

420012, Республика Татарстан,  
город Казань, Щербаковский переулок,  
дом 7, помещение 1005

Тел. +79047144252

Настоящим актом подтверждаю, что компанией ООО «РЭМС» в период с февраля по апрель 2020 года было реализовано более 140 штук светодиодных осветительных устройств для освещения сельскохозяйственных помещений, изготовленных в ООО «АКВА-РЕСУРС» на основании патентов № 157781, № 132859, авторы разработок сотрудники ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, профессор Юран С.И., доценты Широбокова Т.А., Кочетков Н.П., старший преподаватель Галлямова Т.Р., аспирант Иксанов И.И.

Директор



/ Идрисов М.М.



## ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
профессор А.И. Любимов



« 2 » октября 2013

## ЗАКАЗЧИК

ООО «ЭНЕРГИЯ»  
директор Сагидуллин Р.С.



« 2 »

## АКТ

приема - передачи результатов научно исследовательской работы в серийное производство

Патентообладатель и Заказчик, именуемые в дальнейшем «Стороны», составили настоящий акт о том, что Патентообладатель передает, а Заказчик принимает в серийное производство результаты научно – исследовательской работы по патенту № 2019106261 зарегистрированного в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации от 29.августа 2019 года. Результатом научно-исследовательской работы является «Светодиодный осветительный прибор с использованием термопары» бюллетень № 25.

Согласно акту, заказчик оплатил Патентообладателю сумму в размере 350000 рублей. Материалы переданы в полном объеме, в срок. Стороны взаимных претензий по передаче материалов, оплате, объёму, качеству и срокам не имеют.

Авторы полезной модели с актом ознакомлены и не имеют претензий ни к заказчику ни к Патентообладателю.

Авторы:

к.т.н., доцент Широбокова Т.А.

к.т.н., доцент Поспелова И.Г.

аспирант Набатчикова М.А.



|                                                                                                                             |                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ</p> <p>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА<br/>профессор А.И. Любимов</p> <p><i>А.И. Любимов</i><br/>«26» 05 2019</p> | <p>ЗАКАЗЧИК</p> <p>ООО «РЭМС»<br/>директор Идрисов М.М.</p> <p><i>Идрисов М.М.</i><br/>«26» 05 2019</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## АКТ

приема - передачи результатов научно исследовательской работы в серийное производство

Патентообладатель и Заказчик, именуемые в дальнейшем «Стороны», составили настоящий акт о том, что Патентообладатель передает, а Заказчик принимает в серийное производство результаты научно – исследовательской работы по свидетельству о регистрации программы для ЭВМ RU 2018662028, зарегистрированного в Реесте программ для ЭВМ от 25.05.2018 года. Результатом научно-исследовательской работы является «Программа регулирования освещенности для птицеводческих помещений».

Согласно акту, заказчик оплатил Патентообладателю сумму в размере 65000 рублей. Материалы переданы в полном объеме, в срок. Стороны взаимных претензий по передаче материалов, оплате, объему, качеству и срокам не имеют.

Авторы полезной модели с актом ознакомлены и не имеют претензий ни к заказчику ни к Патентообладателю.

Авторы:

профессор Батанов С.Д. *С.Д.*

доцент Баранова И.А. *И.А.*

доцент Широбокова Т.А. *Т.А.*

*Продолжение приложения В*

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АКВА-РЕСУРС"

427795, Удмуртская Республика  
город Можга, Базовый переулок, 3  
Тел. +79127655241

---

Настоящим подтверждается, что сотрудниками ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, профессором доцентом Широбоковой Т.А., доцентом Кочетковым Н.П., старшим преподавателем Галлямовой Т.Р. переданы в ООО «АКВА-РЕСУРС» рекомендации и рабочие чертежи на устройства светодиодного осветительного прибора по патенту № 132859 Светодиодный осветительный прибор Заявка № 2013116823/07 от 12.04.2013.

Согласно полученной документации на базе предприятия в период с сентября по январь 2014 г. изготовлена партия светодиодных осветительных приборов более 150 штук, а так же отлажено и запущено серийное производство.

Директор



 / Хорошилов А.В.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АКВА-РЕСУРС"

427795, Удмуртская Республика  
город Можга, Базовый переулок, 3  
Тел. +79127655241

Настоящим подтверждается, что сотрудниками ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, профессором Юраном С.И., доцентом Широковой Т.А., аспирантом Иксановым И.И. переданы в ООО «АКВА-РЕСУРС» рекомендации и рабочие чертежи на устройство светодиодного осветительного прибора для освещения животноводческих предприятий по патенту № 157781 Российской Федерации /Светодиодный осветительный прибор/ И.И. Иксанов, Т.А. Широкова, С.И. Юран. – Опубл. 10.12.2015. Бюл. № 34.

Согласно полученной документации на базе предприятия в период с февраля по июнь 2016 г. изготовлена партия более 200 штук светодиодных осветительных приборов, а так же отлажено и запущено серийное производство.

Директор



/ Хорошилов А.В.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"РЕМОНТЭНЕРГОМОНТАЖСЕРВИС"

420012, Республика Татарстан,  
город Казань, Щербаковский переулок,  
дом 7, помещение 1005

Тел. +79047144252

---

Настоящим актом подтверждаю, что компанией ООО «РЭМС» в период с февраля по апрель 2020 года было реализовано более 140 штук светодиодных осветительных устройств для освещения сельскохозяйственных помещений, изготовленных в ООО «АКВА-РЕСУРС» на основании патентов № 157781, № 132859, авторы разработок сотрудники ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, профессор Юран С.И., доценты Широбокова Т.А., Кочетков Н.П., старший преподаватель Галлямова Т.Р., аспирант Иксанов И.И.

Директор



 / Идрисов М.М.



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор  
ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ  
"УВИНСКИЙ" Шкарупа Е.И.



УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по науке и инновациям  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
профессор Коконов С. И



Акт

### О внедрении результатов научно - исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся: Директор ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ "УВИНСКИЙ" Шкарупа Е.И., гл. энергетик Носков Г. Ю. с одной стороны, д.т.н., профессор Юран С.И., к.т.н., доцент Широбокова Т.А., аспирант Иксанов И.И. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА с другой стороны, составили настоящий акт о принятии в качестве перспективной разработки патента на полезную модель RU 157781, 10.12.2015. Заявка № 2015112778/07 от 07.04.2015 «Светодиодный осветительный прибор»

Использование разработки приведет к повышению равномерности нормированного освещения рабочей поверхности при увеличении расстояния и уменьшении количества светильников в ряду. Что в свою очередь приведет к экономии электроэнергии, не ухудшая качества освещения на горизонтальной рабочей поверхности.

Представители  
ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ "УВИНСКИЙ"

Представители  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

*Генеральный директор ООО "ПЛЕМПТИЦЕСОВХОЗ "УВИНСКИЙ" Шкарупа Е.И.*

*к.т.н., доцент Широбокова Т.А.*  
*д.т.н., проф. Юран С.И.*  
*аспирант Иксанов И.И.*

## Продолжение приложения В

Утверждаю:  
Зам. генерального директора-  
управляющий ООО «Удмуртская птицефабрика»  
А.Л. Возмищев



## Техническое задание на проведение процедуры запроса предложений

|   |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Заказчик                                                                           | ООО «Удмуртская птицефабрика»<br>г.Глазов, Удмуртская республика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2 | Предмет запроса предложений<br>(наименование закупаемых<br>товаров (работ, услуг)) | Система светодиодного освещения<br>птичника                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3 | Основные характеристики<br>предмета запроса предложений                            | Размеры птичника 18х78м.<br>Содержание птицы напольное, взрослая<br>птица.<br>Высота подвеса светильников 3,5м.<br>Количество линий освещения 4шт.<br>Регулировка освещенности 0-100 люкс,<br>программирование на весь период<br>содержания.<br>Цветовая температура (цвет), К 2700-<br>3500.<br>Исполнение светильников не ниже IP<br>65.<br>Требуемый уровень освещенности<br>120лК |
| 4 | Цель приобретения                                                                  | Замена люминесцентной системы<br>освещения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5 | Источник финансирования                                                            | Собственные средства предприятия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6 | Координаты ответственного<br>работника (ФИО, телефон)                              | Перевошиков Дмитрий Юрьевич<br>8(34141)38700                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Согласовано:

Зам. ген. директора по производству

Исполнитель:

Начальник РМЦ

*Фаткин А.А.*  
*Перевошиков Д.Ю.*

## Продолжение приложения В

УТВЕРЖДАЮ

Председатель научно-технического совета  
Автономной некоммерческой организации  
«Региональный научно-технологический парк «Удмуртия»»

к.ф.-м.н. С.С. Савинский  
(печать)



## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

## результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители Автономной некоммерческой организации «Региональный научно-технологический парк «Удмуртия», главный инженер, к.ф.-м.н. Новожилов В.П., ведущий инженер, к.ф.-м.н. Жданова Л.И. и представители ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА» научный руководитель работы к.т.н. Широбокова Т.А., исполнитель работы инженер Галлямова Т.Р., составили настоящий акт о том, что разработанные на кафедре электроснабжения «Рекомендации по определению светотехнических и конструктивных параметров светодиодного светильника системы освещения при напольном содержании птиц» приняты к использованию при разработке технического задания и конструировании светодиодных светильников для птицеводческих помещений.

Светодиодная система технологического освещения птичника промышленного стада кур с напольным содержанием на базе разработанной на кафедре электроснабжения ФГБОУ «Ижевская ГСХА» конструктивной схемы светильника обеспечивает оптимальный уровень освещенности рабочей поверхности до 100лк, улучшает световой климат птичника - создаёт равномерное освещение, снижает расход электроэнергии на технологическое освещение в 3,6 раз по сравнению с люминесцентными лампами и в 2-3 раза по сравнению с существующими светодиодными лампами, а также повышает продуктивность птицы на 1,6% - выход инкубационного яйца.

От АНО «Региональный научно-технологический парк «Удмуртия»

Главный инженер \_\_\_\_\_ В.П. Новожилов

Ведущий инженер \_\_\_\_\_ Л.И. Жданова

От ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА»

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Широбокова Т.А.

Исполнитель, ст. препод. \_\_\_\_\_ Галлямова Т.Р.



## Продолжение приложения В

Автономная  
некоммерческая  
организация

Региональный научно-  
технологический парк  
"Удмуртия"

426034, Ижевск,  
Университетская, 1  
Тел.: (3412) 66-34-66  
Факс: (3412) 66-01-44  
e-mail: galser@uni.udm.ru

Реквизиты: ИНН 1833019520, ОГРН 1021801512105, ОКВЭД 73.10, ОКОНХ 95120, ОКПО 49631775, р/с 40703810804243000109  
в Филиале ОАО Банк ВТБ в г. Нижнем Новгороде, и/с 301018102000000000837, БИК 042202837



Autonomous Non-profit  
Organization

Regional Science-  
Technological Park  
"Udmurtia"

1, University Street,  
Izhevsk, Russia 426034  
Tel.: (3412) 66-34-66  
Fax: (3412) 66-01-44  
e-mail: galser@uni.udm.ru

От 15.12.2015г №07-15

Ректору ФГБОУ ВПО  
Ижевская ГСХА  
профессору А.И. Любимову

426069, г.Ижевск, ул.Студенческая, 11

Настоящим сообщаем, что при участии к.т.н. Широковой Т.А. и ст. преподавателя ИжГСХА Галлямовой Татьяны Ратмировны изготовлены опытные образцы светодиодных светильников в количестве 2 шт. на основе технического задания ООО «Удмуртская птицефабрика» (г. Глазов).

Экспериментальные исследования освещённости, создаваемой светильниками, согласуются с компьютерным моделированием в пределах погрешности измерений.

Производственные испытания светильников на ООО «Удмуртская птицефабрика» показали, что производительность родительского стада кросса РОСС – 308 увеличилась на 1,6% при уменьшении затрат на электроэнергию в 3,6 раза по сравнению с люминесцентными лампами.

гл.инженер, к.ф.-м.н.

к.т.н., доцент

ст. преподаватель  
кафедры высшей математики



Новожилов В.П.

Широкова Т.А.

Галлямова Т.Р.



## Продолжение приложения В

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по НР  
ФГБОУ ВО ИЖГСХА  
профессор Фатыхов И.Ш.

« 22 » 12. 2015г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. производством ООО «Удмуртская  
птицефабрика»  
Фаткин А.А.

« 21 » 12. 2015г.

## АКТ

## Внедрения светодиодной осветительной установки

В период с 09 сентября по 10 декабря 2015 года на птицефабрике ООО «Удмуртская птицефабрика» Глазовского района Удмуртской Республики были проведены исследования по влиянию светодиодного освещения на продуктивность кур.

Условия эксперимента: было сформировано две группы птиц в возрасте 175 дней. Для освещения в контрольной группе использовали люминесцентные светильники типа ЛСП 2х36, а в опытной разработанные светодиодные светильники мощностью 10 Вт. Куры количестве 20 шт. содержались по программе светового режима для кросса Росс-308 (14С:10Т). Освещенность составляла 90 лк. Условия содержания и кормления были одинаковыми для обеих групп и соответствовали рекомендуемым нормам.

За время исследования были получены следующие результаты: за весь период содержания сохранность кур в опытной группе составила 95,4%. Процент яйцекладки на начальную несушку в возрасте 175 суток в опытной группе составил 6,1%, что ниже по сравнению с контрольной на 16,2%. В возрасте 205 дней процент яйцекладки в группах увеличился, и в контрольной группе составил 63,6%, а в опытной – 86,7%, в возрасте 235 дней 81,5% в контрольной и 87,1% в опытной.

Выход инкубационных яиц с возрастом птицы увеличивался в обеих группах. В контрольной группе на конец опыта показатель составил 93,8%, а в опытной – 95,4%, что выше на 1,6%. Соответственно можно сделать вывод, что применение разработанного светодиодного светильника повышает продуктивность при экономии электроэнергии в 3,6 раза.

Зоотехник

к.т.н., доцент

к.с.-х.н., доцент

ст. преподаватель  
кафедры высшей математики

Суслов А.Н.

Широбокова Т.А.

Шувалова Л.А.

Галлямова Т.Р.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОДНУ КУРИЦУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Опытный эксперимент был поставлен в течении в течении 92 дней 14 часов в сутки.

Приведем расчет потребления мощности электроэнергии при содержании кур кросса РОСС 308 с использованием люминесцентных светильников типа ЛСП 2х36 и опытных разработанных светодиодных светильников мощностью 10 Вт.

$$P_{\text{потр}} = (N \cdot t) \cdot P_s$$

где  $N$  – время в течении которого был поставлен эксперимент, сут.

$t$  – время работы осветительной установки, час.

$P_s$  – мощность осветительной установки, Вт.

Потребляемая мощность электроэнергии на одну курицу составляет

$$P_{\text{эк}} = \frac{P_{\text{потр}}}{N_{\text{кур}}}$$

где  $N_{\text{кур}}$  – количество кур поставленных в эксперименте, шт.

Потребляемая мощность люминесцентных светильников

$$P_{\text{потр}} = (92 \cdot 14) \cdot 72 = 92736 \text{ Вт}$$

Потребляемая мощность разработанных светодиодных светильников мощностью 10 Вт.

$$P_{\text{эк}} = (92 \cdot 14) \cdot 20 = 25760 \text{ Вт}$$

Потребляемая мощность электроэнергии на одну курицу при использовании люминесцентных светильников составляет

$$P_{\text{эл}} = \frac{92736}{20} = 4636,8 \text{ Вт}$$

Потребляемая мощность электроэнергии на одну курицу при использовании разработанных светодиодных светильников мощностью 10 Вт составляет

$$P_{\text{эл}} = \frac{25760}{20} = 1288 \text{ Вт}$$

Таким образом, при содержании кур кросса РОСС 308 с люминесцентными светильниками расходуется 4,6 кВт, а с разработанными светодиодными светильниками мощностью 10 Вт расходуется 1,3 кВт, соответственно при стоимости электроэнергии 4 руб. 18547, 2 руб. и 5152 руб. соответственно.

Экономист

к.т.н., доцент

ст. преподаватель  
кафедры высшей математики


Корепанова Н.А.

Широбокова Т.А.



Галлямова Т.Р.



УТВЕРЖДАЮ:

Начальник УСХ и ПМСХ и ПРТ  
в Агрызском муниципальном  
районе РТ Д.Г. Гатауллин

« 9 »

24.07.2016



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
Профессор Фатыхов И.Ш.

« 9 »

24.07.2016



## Акт

Мы, нижеподписавшиеся, в составе представителей ООО «Назар» Агрызского муниципального района Республики Татарстан главного ветеринарного врача Широбокова Д.А. и главного зоотехника Зарипова А.А., а так же представителей ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, к.с.-х.н., доцента Шуваловой Л.А., к.т.н., доцентом Широбоковой Т.А. и аспирантом Иксановым И.И. провели контрольное кормление коров при привязном содержании в коровнике на 100 голов в условиях производственной апробации разработанного светодиодного светильника.

Задачей исследований являлось определение количества съеденного корма дойными коровами при использовании различных источников света.

Сущность работы заключалась в том, что были сформированы две группы дойных коров по принципу пар-аналогов, в каждой по 3 головы, условия содержания и кормления в каждой группе одинаковое. Для освещения в контрольной группе использовали люминесцентные лампы марки SPIRAL мощностью 85 Вт, и освещенность на уровне кормового стола составила 30 лк. В опытной группе применили разработанные светодиодные светильники мощностью 10Вт, и средняя освещенность на уровне кормового стола составила 130 лк. Кормление было одинаковое, для коров использовали рацион (таблица 1), питательность которого составила 10,8 корм. ед., что соответствовало рекомендуемым нормам.

Таблица 1 - Рацион кормления в стойловый период дойных коров с удоем 10 кг с живой массой 500 кг

| Корма                 | кг  | к.ед. | СВ, г | ПП, г | Клетч., г | Са-хар, г | Са, г | Р, г | Карот., мг |
|-----------------------|-----|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|------|------------|
| Зернофураж + плющеное | 4,5 | 3,78  | 3825  | 382,5 | 220,5     | 9         | 9     | 17,5 | 1,125      |
| Сенаж                 | 18  | 5,76  | 8100  | 414   | 2826      | 414       | 88,2  | 23,4 | 450        |
| Солома                | 3   | 0,63  | 2520  | 27    | 1167      | 7,5       | 6,3   | 2,1  | 4,8        |
| Сено                  | 2,1 | 0,63  | 696   | 126   | 117       | 10,5      | 1,5   | 3,3  | 6          |
| Соль, г               | 60  |       |       |       |           |           |       |      |            |
| Норма                 |     | 9,6   | 13200 | 940   | 3630      | 800       | 75    | 45   | 410        |
| Факт                  |     | 10,8  | 15141 | 949,5 | 4330,5    | 441       | 105   | 46,3 | 461,93     |

Суточный объем корма составил 24,6 кг на одну корову, что соответствует 10,8 к.ед.

После проведения эксперимента определено, что в контрольной группа остаток корма на кормовом столе составил 1,35 кг, в то время как в опытной группе - 0,3 кг.

Данные контрольного кормления позволяют сделать вывод, что при освещенности 130 лк кормовое поведение коров было более активное, чем при освещенности 30 лк, что позволило повысить продуктивность животных.

Представители ООО «Назар»:

гл.вет.врач Широбоков Д.А.

гл.зоотехник Зарипов А.А.

Представители ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

к.т.н. доцент Широбокова Т.А.

к.с-х.н., доцент Шувалова Л.А.

аспирант Иксанов И.И.

| Корм   | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. | Средн. |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Средн. | 1,5    | 1,75   | 3825   | 80,5   | 120,5  | 9      | 9      | 17,5   | 1,125  |
| Средн. | 18     | 5,5    | 31,0   | 41,4   | 29,6   | 4,4    | 88,2   | 23,4   | 4,9    |
| Средн. | 1      | 0,5    | 5,5    | 27     | 1,67   | 2,5    | 6,5    | 2,5    | 4,6    |
| Средн. | 2,3    | 0,82   | 6,6    | 1,28   | 1,17   | 0,5    | 1,3    | 3,3    | 4      |
| Средн. | 68     |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Средн. |        |        | 12205  | 940    | 940    | 940    | 940    | 940    | 940    |
| Средн. |        |        | 1514   | 849,5  | 4330,5 | 441    | 90     | 90     | 450,5  |

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по НР  
ФГБОУ ВПО ИжГСХА  
Профессор Фатыхов И.Ш.

« 9 » января 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Гл. инженер  
ООО «Назар»

Ф.Г.Юсупов  
« 9 » января 2016

## АКТ

## Внедрения научно исследовательских результатов

В период с 06 ноября 2015 года по 09 января 2016 года в Обществе ограниченной ответственностью «Назар» в Агрызском муниципальном районе Республике Татарстан были проведены исследования по влиянию светодиодного освещения на продуктивность КРС.

Условия эксперимента: были сформированы две группы дойных коров по принципу пар-аналогов, в каждой по 3 головы. Для освещения в контрольной группе использовали люминесцентные лампы марки SPIRAL мощность 85W средняя освещенность на уровне кормушки составила 30 лк, а в опытной разработанные светодиодные светильники мощностью 10 Вт, где средняя освещенность на уровне камушки составила 130 лк. Контрольная и опытная группа коров в течение 16 часов находились под освещением, 8 часов в полной темноте. Условия содержания и кормления были одинаковыми для обеих групп и соответствовали рекомендуемым нормам.

На начало опыта суточный удой коров в контрольной и опытной группе был одинаковым и составил 10,43 кг с содержанием жира 3,53-3,55 %. Спустя три месяца после установки светильника, удой коров в контрольной группе увеличился только на 0,19 % и составляет  $10,45 \pm 0,19$  кг, в то время как в опытной группе это повышение составило 0,3 кг, что соответствует 2,58 % и составил  $10,7 \pm 0,2$  кг. Содержание жира в молоке контрольной группы составило  $3,56 \pm 0,04$  %, а в опытной -  $3,60 \pm 0,03$  %. Увеличение массовой доли жира в молоке в обеих группах связано, в первую очередь, наличием сенажа в рационе.

Таким образом, можно сделать вывод, что при увеличении освещенности в помещении, соответствующей зоогигиеническим нормативам, у животных повышается продуктивность, за счет стимулирования коров к поеданию корма.

Зоотехник

Зарипов А.А.

К.Т.Н., доцент

Широбокова Т.А.

К.С.-Х.Н., доцент

Шувалова Л.А.

аспирант кафедры ЭЭЭ

Иксанов И.И.



## Продолжение приложения В

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по НР  
ФГБОУ ВПО ИжГСХА  
Профессор Фатыхов И.Ш.

Для  
документации  
«29» сентября 2017г.

УТВЕРЖДАЮ:

Начальник УСХиП МСХиП РТ  
в Агрызском муниципальном  
районе РТ

Д.Г. Гатауллин  
«22» декабря 2017г.

## Акт

внедрение результатов научно-исследовательских  
и опытно-конструкторских работ

Благодаря снижению потребления эклектической энергии, увеличению  
удоя и улучшения физиологического состояния крупного рогатого скота  
энергосберегающая светодиодная система освещения, разработанная  
представителями кафедры электротехники, электрооборудования и  
электроснабжения ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА доцентом Широковой  
Т.А., аспирантом Иксановым И.И. принята в качестве перспективной  
разработки в агропромышленных предприятиях Агрызского  
муниципального района Республики Татарстан.

Представители предприятия:

Гл. инженер ООО «Назар»

Юсупов Ф.Г.

Исполнители:

к.т.н., доцент

Широкова Т.А.

аспирант кафедры ЭЭЭ

Иксанов И.И.



ООО ТПК «ЭнергоСветПрогресс»  
426063, Россия, г. Ижевск, ул. Мельничная, 45а  
+7 (3412) 772-338, 772-558, [info@tpkesp.ru](mailto:info@tpkesp.ru)

19.06.2021 г.

**Справка**  
**о внедрении результатов выпускной квалификационной работы**  
**Смолина Андрея Владимировича**

Настоящей справкой подтверждается, что в целях повышения эффективности работы ООО ТПК «ЭнергоСветПрогресс» были использованы результаты исследования Смолина А.В., Широбоковой Т.А. по измерению теплового режима работы светодиодных светильников.

Создание 3D моделей светильников и моделирование протекающих в них тепловых процессов в программном комплексе SolidWorks позволило максимально точно оценить температурный режим работы, что в свою очередь позволило проектировать и создавать светодиодные светильники с улучшенными светотехническими характеристиками и увеличенным сроком службы.

Внедрение в работу программного комплекса позволило сократить время на проведение конструкторского и технологического проектирования моделей.

Генеральный директор

\_\_\_\_\_ Калинин А.С.



## УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО «Совхоз-Правда»  
Юзмиев Р.М.

« 19 » \_\_\_\_\_ 20 23 г.



## УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ  
Брачихин А.А.

« 18 » \_\_\_\_\_ 20 23 г.



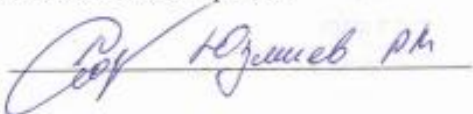
## Акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, директор ООО «Совхоз-Правда» Завьяловского района Удмуртской Республики Юзмиев Р.М. с одной стороны, и представители ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ канд. техн. наук, доцент Широбокова Т.А., канд. с.-х.н. наук, доцент Шувалова Л.А. с другой стороны, составили настоящий акт о проведении производственных испытаний по влиянию разработанного светодиодного осветительного устройства на продуктивные качества ремонтного молодняка свиней.

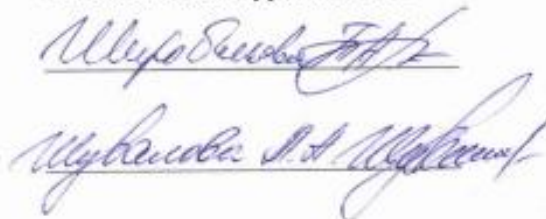
За время исследования были получены следующие результаты: в начале опыта живая масса ремонтного молодняка свиней составляла в контрольной группе  $42,3 \pm 0,79$  кг, в опытной –  $43,2 \pm 0,94$  кг. Условия содержания и кормления для обеих групп были одинаковыми и соответствовали рекомендуемым нормам. В 6-месячном возрасте живая масса животных увеличилась в обеих группах и составила, соответственно,  $74,06 \pm 1,10$  и  $76,43 \pm 1,20$  кг. Увеличение живой массы в контрольной группе составило 175 %, а в опытной – 176,9 %. В возрасте 8 месяцев ремонтный молодняк в опытной группе имел живую массу  $104,1 \pm 1,4$  кг, а в опытной  $109,12 \pm 1,3$  кг. Среднесуточные приросты живой массы за период исследования в контрольной группе составил  $515,6 \pm 5,75$  г, в то время как в опытной этот показатель был  $549,3 \pm 4,75$  г.

Биохимические исследования крови показали, что на момент исследования животные были клинически здоровыми. К концу опыта в крови опытных животных отмечается повышение количества эритроцитов на 5,09 %, гемоглобина – на 7,35 %, а количество лейкоцитов снизилось на 2,28%, что находится в пределах физиологических нормативов. Таким образом, можно сделать вывод, что использование разработанного светодиодного светильника способствует повышению продуктивных качеств ремонтного молодняка свиней и не оказывает негативного влияния на здоровье животных.

Представители  
ООО «Совхоз-Правда»



Представители  
ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ



*Приложение Г – Основные продуктивные показатели*

Таблица Г 1 – Определение продуктивных показателей качества молока

| Параметр                | Контрольная группа |              |              |           | Опытная группа |              |              |           |
|-------------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------|----------------|--------------|--------------|-----------|
|                         | через 30 дн.       | через 60 дн. | через 90 дн. | Среднее   | Через 30 дн.   | Через 60 дн. | Через 90 дн. | Среднее   |
| Среднесуточный удой, кг | 10,46±0,2          | 10,5±0,05    | 10,4±0,04    | 10,45±0,1 | 10,60±0,1      | 10,8±0,03    | 10,7±0,05    | 10,7±0,2  |
| Массовая доля жира, %   | 3,56±0,05          | 3,56±0,04    | 3,56±0,03    | 3,56±0,04 | 3,60±0,04      | 3,61±0,02    | 3,61±0,03    | 3,60±0,03 |
| Массовая доля белка, %  | 3,06±0,01          | 3,06±0,04    | 3,06±0,03    | 3,06±0,02 | 3,08±0,02      | 3,08±0,03    | 3,08±0,04    | 3,08±0,02 |
| СОМО, %                 | 8,30±0,04          | 8,32±0,03    | 8,33±0,04    | 8,31±0,04 | 8,31±0,09      | 8,335±0,0    | 8,34±0,05    | 8,32±0,04 |
| Плотность, кг/л         | 28,65±1,0          | 28,65±1,0    | 28,65±1,1    | 28,63±1,1 | 28,69±1,0      | 28,69±1,1    | 28,69±1,1    | 28,67±1,1 |

Таблица Г 2 – Определение показателей крови дойных коров

| Параметр                             | Группа      |            |             |            |
|--------------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                                      | контрольная |            | опытная     |            |
|                                      | в начале    | в конце    | в начале    | в конце    |
| WBC (лейкоциты), $10^9/\text{л}$     | 6,60±1,83   | 9,90±1,55  | 5,65±0,49   | 8,45±0,63  |
| Лимфоциты, $10^9/\text{л}$           | 1,90±0,70   | 4,55±1,20  | 1,50±0,14   | 3,00±0,98  |
| Моноциты, $10^9/\text{л}$            | 0,45±0,21   | 1,25±0,07  | 0,45±0,21   | 1,10±0,14  |
| Гранулоциты, $10^9/\text{л}$         | 3,75±0,21   | 3,10±1,69  | 3,85±0,35   | 4,35±1,48  |
| RBC(эритроциты), $10^{12}/\text{л}$  | 6,44±0,44   | 5,52±0,45  | 6,05±0,80   | 5,65±0,98  |
| HgB(гемоглобин), г/л                 | 100,33±2,51 | 93,00±2,82 | 101,66±9,60 | 97,00±8,48 |
| PLT (тромбоциты), $10^{12}/\text{л}$ | 1,97±1,34   | 2,69±0,36  | 2,07±1,23   | 2,65±0,47  |

## Продолжение приложения Г

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской  
Республики  
Бюджетное учреждение Удмуртской Республики «Удмуртский  
центр сельскохозяйственного консультирования»  
(БУ УР «УЦСК»)

427057, г. Ижевск, ул. В. Сивкова 120, тел./факс (3412)  
902-830,902-831  
e-mail: uck@pochta.ru; http://udmconsult.ru  
ОГРН 1091841003220  
ИНН 1841003788 КПП 184101001

## Результаты лаборатории селекционного контроля качества молока

дата поступления проб на анализ

/ 1 / ноября / 2015 /

Предприятие/ ООО "Назар" /

Район / Агрызский /

| Номер п/п | Проба | Жир  | СОМО | Белок | Плот. | Вода | Т. з.  | Дата       | Время | Калибровка | Примечание |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|------------|-------|------------|------------|
| 1         | 1     | 3,53 | 8,26 | 3,06  | 27,40 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 11:35 | молоко цел | Слива      |
| 2         | 2     | 3,58 | 8,27 | 3,04  | 28,82 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 10:36 | молоко цел | Бика       |
| 3         | 3     | 3,48 | 8,34 | 3,09  | 29,63 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 10:37 | молоко цел | Жасмин     |
| 4         | 4     | 3,50 | 8,48 | 3,06  | 27,50 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 10:38 | молоко цел | Мирная     |
| 5         | 5     | 3,60 | 8,23 | 3,09  | 28,83 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 10:40 | молоко цел | Нектарина  |
| 6         | 6     | 3,56 | 8,27 | 3,05  | 29,62 | 0    | -0,529 | 01.11.2015 | 10:41 | молоко цел | Марфа      |

Зав. Лаборатории / Барбакова Е.В. /

Дата / 01 / ноября / 2015 /

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской  
Республики  
Бюджетное учреждение Удмуртской Республики «Удмуртский  
центр сельскохозяйственного консультирования»  
(БУ УР «УЦСК»)

427057, г. Ижевск, ул. В. Сивкова 120, тел./факс (3412)  
/ 902-830,902-831  
e-mail: uck@pochta.ru; http://udmconsult.ru  
ОГРН 1091841003220  
ИНН 1841003788 КПП 184101001

## Результаты лаборатории селекционного контроля качества молока

дата поступления проб на анализ

/ 30 / ноября / 2015 /

Предприятие/ ООО "Назар" /

Район / Агрызский /

| Номер п/п | Проба | Жир  | СОМО | Белок | Плот. | Вода | Т. з.  | Дата       | Время | Калибровка | Примечание |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|------------|-------|------------|------------|
| 1         | 1     | 3,56 | 8,30 | 3,06  | 27,52 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:16 | молоко цел | Слива      |
| 2         | 2     | 3,56 | 8,29 | 3,05  | 28,81 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:17 | молоко цел | Бика       |
| 3         | 3     | 3,51 | 8,32 | 3,05  | 29,64 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:18 | молоко цел | Жасмин     |
| 4         | 4     | 3,60 | 8,08 | 3,10  | 27,60 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:19 | молоко цел | Мирная     |
| 5         | 5     | 3,64 | 8,34 | 3,06  | 29,63 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:20 | молоко цел | Нектарина  |
| 6         | 6     | 3,60 | 8,30 | 3,10  | 28,84 | 0    | -0,529 | 30.11.2015 | 11:21 | молоко цел | Марфа      |

Зав. Лаборатории / Барбакова Е.В. /

Дата / 30 / ноября / 2015 /



## Продолжение приложения Г

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской  
Республики  
Бюджетное учреждение Удмуртской Республики «Удмуртский  
центр сельскохозяйственного консультирования»  
(БУ УР «УЦСК»)

427057, г. Ижевск, ул. В. Сивкова 120, тел./факс (3412)  
902-830,902-831  
e-mail: uck@pochta.ru; http://udmconsult.ru  
ОГРН 1091841003220  
ИНН 1841003788 КПП 184101001

## Результаты лаборатории селекционного контроля качества молока

дата поступления проб на анализ

/ 30 / декабря / 2015 /

Предприятие / ООО "Назар" /

Район / Агрызский /

| Номер п/п | Проба | Жир  | СОМО | Белок | Плот. | Вода | Т. з.  | Дата       | Время | Калибровка | Примечание |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|------------|-------|------------|------------|
| 1         | 1     | 3,56 | 8,32 | 3,06  | 28,65 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 12:55 | молоко цел | Слива      |
| 2         | 2     | 3,55 | 8,29 | 3,05  | 28,81 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 12:56 | молоко цел | Бика       |
| 3         | 3     | 3,53 | 8,32 | 3,05  | 29,64 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 12:57 | молоко цел | Жасмин     |
| 4         | 4     | 3,61 | 8,34 | 3,08  | 27,60 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 12:58 | молоко цел | Мирная     |
| 5         | 5     | 3,63 | 8,32 | 3,60  | 28,84 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 12:59 | молоко цел | Нектарина  |
| 6         | 6     | 3,61 | 8,34 | 3,10  | 29,63 | 0    | -0,529 | 30.12.2015 | 13:00 | молоко цел | Марфа      |

Зав. Лаборатории / Барбакова Е.В. /

Дата / 30 / декабря / 2015 /

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской  
Республики  
Бюджетное учреждение Удмуртской Республики «Удмуртский  
центр сельскохозяйственного консультирования»  
(БУ УР «УЦСК»)

427057, г. Ижевск, ул. В. Сивкова 120, тел./факс (3412)  
902-830,902-831  
e-mail: uck@pochta.ru; http://udmconsult.ru  
ОГРН 1091841003220  
ИНН 1841003788 КПП 184101001

## Результаты лаборатории селекционного контроля качества молока

дата поступления проб на анализ

/ 30 / января / 2016 /

Предприятие / ООО "Назар" /

Район / Агрызский /

| Номер п/п | Проба | Жир  | СОМО | Белок | Плот. | Вода | Т. з.  | Дата       | Время | Калибровка | Примечание |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|------|--------|------------|-------|------------|------------|
| 1         | 1     | 3,56 | 8,33 | 3,06  | 28,65 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:34 | молоко цел | Слива      |
| 2         | 2     | 3,57 | 8,30 | 3,05  | 28,81 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:35 | молоко цел | Бика       |
| 3         | 3     | 3,54 | 8,32 | 3,06  | 29,64 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:37 | молоко цел | Жасмин     |
| 4         | 4     | 3,61 | 8,34 | 3,08  | 28,69 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:38 | молоко цел | Мирная     |
| 5         | 5     | 3,63 | 8,32 | 3,60  | 28,84 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:40 | молоко цел | Нектарина  |
| 6         | 6     | 3,61 | 8,34 | 3,10  | 29,63 | 0    | -0,529 | 30.01.2016 | 11:41 | молоко цел | Марфа      |

Зав. Лаборатории / Барбакова Е.В. /

Дата / 30 / января / 2016 /

## Приложение Г 4 – Результаты протокола анализа исследования крови

ФГБОУ ВО Иванов ГСХА  
межфакультетская учебно-научная  
лаборатория биотехнологии  
тел. 59-88-11, ауд. 530, 317

## ПРОТОКОЛ АНАЛИЗА №02

Дата проведения исследования: 01 ноября 2015 года

Заказчик: Л.А. Шувалова, И.И. Иванов

Методика исследования: Руководство по эксплуатации автоматического гематологического анализатора Mindray BC-2800 Vet.

Отбор проб: Сопроводительная № 01 отбора – шесть проб цельной крови дойных коров по 3-ей лактации, породы черно-пестрой, объём пробы 9 мл.

| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
| 01 (Слива)                       | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 6,3       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 1,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,5       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 26,9      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 5,7       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 67,7      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 6,13      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 100       | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 29,5      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 48,2      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,3      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 338       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 14,8      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 177       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 5,9       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 18,0      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбокрит), %                                       | 0,104     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 02 (Быка)                        | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 6,0       | 4,5-12   |

| 02 (Быка)                        | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 1,6       | 4-9      |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,3       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,1       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 26,7      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 5,7       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 67,6      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 5,21      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 93        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 27,5      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 52,9      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 17,8      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 338       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,9      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 343       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 7,5       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,7      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбокрит), %                                       | 0,257     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 03 (Жасмин)                      | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 5,4       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 1,6       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,3       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 3,7       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 26,5      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 4,9       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 68,8      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 6,82      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 112       | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 32,3      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 47,5      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,4      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 346       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 15,4      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 101       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 5,3       |          |

|                                  |       |                                                           |           |          |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
| № пробы (ушной номер или кличка) | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,9      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцитрит), %                                     | 0,053     |          |
| 04 (Мирная)                      | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
|                                  | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 5,3       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 1,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,3       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 3,6       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 26,3      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 4,9       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 68,8      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 3,41      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 53        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 14,9      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита). фЛ                        | 43,8      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 15,5      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 355       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 15,6      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 87        | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 4,3       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,8      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцитрит), %                                     | 0,037     |          |
| 05 (Нектарина)                   | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
|                                  | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 7,9       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 2,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,6       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 3,9       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 42,6      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 7,9       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 49,5      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 6,09      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 98        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 29,1      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита). фЛ                        | 47,9      | 40-60    |



|                                  |       |                                                           |           |          |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,0      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 336       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,0      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 158       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 6,9       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,4      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,109     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 06 (Марфа)                       | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 6,2       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 1,7       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 0,5       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 26,9      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 5,9       | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 67,6      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 5,24      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 98        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 27,3      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 52,9      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 17,7      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 338       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,9      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 343       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 7,5       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,7      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,257     |          |

Выполнил: младший научный сотрудник лаборатории

Заведующий межфакультетской учебно-научной лабораторией биотехнологии, профессор

Васильев Р.О.

Крысенко Ю.Г.



ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
межфакультетская учебно-научная  
лаборатория биотехнологии  
тел. 59-88-11, ауд. 530, 317

## ПРОТОКОЛ АНАЛИЗА №03

Дата проведения исследования: 30 января 2016 года

Заказчик: Л.А. Шувалова, И.И. Иксанов

Методики исследования: Руководство по эксплуатации автоматического гематологического анализатора Mindray BC-2800 Vet.

Отбор проб: Сопроводительная № 01 отбора проб цельной крови дойных коров по 3-ей лактации, породы черно-пестрой, объем пробы 9 мл.

| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
| 01 (Слива)                       | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 8,8       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 3,7       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,2       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 3,9       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 42,6      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 13,7      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 43,7      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC (эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                   | 5,85      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 95        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 26,9      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объем эритроцита), фЛ                        | 46,1      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,2      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 353       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 15,0      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 295       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объем тромбоцита), фЛ                        | 5,7       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 16,9      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбокрит), %                                       | 0,168     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |



## Продолжение приложения Г

|                                  |       |                                                           |           |          |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
| 02 (Бика)                        | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 8,9       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 2,3       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,2       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 5,4       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 25,6      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 14,2      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 60,2      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 4,95      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 91        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 24,6      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объем эритроцита), фЛ                        | 49,8      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 18,3      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 369       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,4      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 299       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объем тромбоцита), фЛ                        | 6,2       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,5      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоциты), %                                       | 0,185     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 03 (Жасмин)                      | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 8,0       | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 3,7       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,0       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 3,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 46,3      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 12,5      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 41,2      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 6,35      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 103       | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 28,5      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объем эритроцита), фЛ                        | 45        | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,2      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 361       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,3      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 232       | 260-700  |

## Продолжение приложения Г

|                                  |       |                                                           |           |          |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
| № пробы (ушной номер или кличка) | 16    | MPV (средний объем тромбоцита), фЛ                        | 6,1       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,4      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,141     |          |
|                                  | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 04 (Мирная)                      | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 11,0      | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 5,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,3       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 48,8      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 12,1      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 39,1      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 5,20      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 91        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 24,8      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объем эритроцита), фЛ                        | 47,8      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 17,5      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 366       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 15,4      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 443       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объем тромбоцита), фЛ                        | 5,7       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,2      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,198     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 05 (Нектарина)                   | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 10,9      | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 3,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,6       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 42,6      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 27,9      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 49,5      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 5,09      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 98        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 29,1      | 30-50    |



## Окончание приложения Г

|                                  |       |                                                           |           |          |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-----------|----------|
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 47,9      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 16,0      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 336       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 16,0      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 158       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 6,9       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,4      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,169     |          |
| № пробы (ушной номер или кличка) | № п/п | Показатель                                                | Результат | Норма    |
| 06 (Марфа)                       | 1     | WBC (лейкоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                     | 11,0      | 4,5-12   |
|                                  | 2     | Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л                             | 5,4       | 4-9      |
|                                  | 3     | Моноциты, 10 <sup>9</sup> /л                              | 1,3       | 0-0,5    |
|                                  | 4     | Гранулоциты, 10 <sup>9</sup> /л                           | 4,3       | 0,6-6,58 |
|                                  | 5     | Лимфоциты, %                                              | 48,8      | 47-67    |
|                                  | 6     | Моноциты, %                                               | 12,1      | 3-8,5    |
|                                  | 7     | Гранулоциты, %                                            | 39,1      | 20-60    |
|                                  | 8     | RBC(эритроциты), * 10 <sup>12</sup> /л                    | 5,20      | 5,5-8,0  |
|                                  | 9     | HgB (гемоглобин), г/л                                     | 91        | 85-135   |
|                                  | 10    | HCT (гематокрит), %                                       | 24,8      | 30-50    |
|                                  | 11    | MCV (средний объём эритроцита), фЛ                        | 47,8      | 40-60    |
|                                  | 12    | MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), пг     | 17,5      | 11-17    |
|                                  | 13    | MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), г/л | 366       | 300-360  |
|                                  | 14    | RDW (ширина распределения, % эритроцитов), %              | 15,4      |          |
|                                  | 15    | PLT (тромбоциты), * 10 <sup>9</sup> /л                    | 243       | 260-700  |
|                                  | 16    | MPV (средний объём тромбоцита), фЛ                        | 5,7       |          |
|                                  | 17    | PDW (ширина распределения тромбоцитов), %                 | 17,2      |          |
|                                  | 18    | PCT (тромбоцит), %                                        | 0,198     |          |

Выполнил: младший научный сотрудник лаборатории

Заведующий межфакультетской учебно-научной лабораторией биотехнологии, профессор

Васильев Р.О.

Крысенко Ю.Г.



*Приложение Д – Акты внедрения в учебный процесс, дипломы*

ФГБОУ ВО Южно-Уральский  
государственный аграрный университет  
Декан энергетического факультета  
к.т.н., доцент Иванова С.А.

12.02. 2016 г.

**СПРАВКА**

настоящим подтверждает, что результаты научной работы проводимых к.т.н., доцентом Ширококовой Т.А. и ст. преподавателем Галлямовой Т.Р. по повышению эффективности светодиодного освещения для напольного содержания птиц за счет оптимального энергопотребления и повышения качества освещения при заданной величине нормированной освещенности, а также программа для компьютерных расчетов по оценке оптимального энергопотребления внедрены в учебный процесс кафедры применения электрической энергии в сельском хозяйстве.

Заведующий кафедрой ПЭЭСХ

доцент

В.И. Антони

Декан факультета инженерии и

природообустройства

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Вавилова



Соловьев Д.А.

2016г.

### СПРАВКА

Подтверждает, что результаты научной работы преподавателей ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА ст. преподавателя Галлямовой Татьяны Ратмировны, к.т.н. доцента Широковой Татьяны Александровны по повышению эффективности светодиодного освещения для напольного содержания птиц и программы расчета оптимального числа светодиодов в системе освещения птичника внедрены и используются в учебном процессе при преподавании учебной дисциплины «Светотехника» на кафедре «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии».

Зав.кафедрой «Инженерная  
физика, электрооборудование  
и электротехнологии»  
К.т.н., доцент

Трушкин В.А.

Лошкарев И.Ю.

*Продолжение приложения Д*

Утверждаю:

Декан факультета энергетики и  
электрификации

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

д.т.н., профессор Лекомцев П.Л.



## АКТ

О внедрении научно – исследовательской работы в учебный процесс

Материалы научных теоретических и экспериментальных исследований по повышению эффективности системы освещения коровников при привязном содержании коров за счет разработанного светодиодного осветительного прибора, разработанные к.т.н., доцентом Широбоковой Т.А. и аспирантом Иксановым И.И. используются в учебном процессе при преподавании дисциплины «Светотехника» на факультете энергетики и электрификации, а так же при преподавании советующих дисциплин на факультете непрерывного профессионального обучения.

к.т.н., доцент

Т.А.Широбокова

аспирант

И.И. Иксанов



## Продолжение приложения

Декан факультета инженерии и  
природообустройства  
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Вавилова  
\_\_\_\_\_ Соловьев Д.А.  
« 27 » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## СПРАВКА

Подтверждает, что результаты научной работы проводимых к.т.н.,  
доцентом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА Широбоковой Татьяной  
Александровной и аспирантом Иксановым Ильшатом Ильдаровичем по  
повышению эффективности светодиодного освещения при привязном  
содержании крупного рогатого скота внедрены и используются в учебном  
процессе при преподавании учебной дисциплины «Светотехника и  
электротехнология» на кафедре «Инженерная физика, электрооборудование и  
электротехнологии».

Зав. кафедрой «Инженерная  
физика, электрооборудование  
и электротехнологии»

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент



В.А. Трушкин

И.Ю. Лошкарев

А.В. Волгин





Федеральное бюджетное учреждение  
"Государственный региональный центр стандартизации, метрологии  
и испытаний в Кировской области"  
Регистрационный номер аттестата аккредитации №052

## СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ №63-66/6317-1075

Действительно до  
12 октября 2016 г.

Средство измерений люксметр-пульсметр "Аргус-07", рег. № в ФИФ 15560-07

наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

(если в состав средства измерений входят несколько автономных измерительных блоков, то приводится их перечень и заводские номера)

078967365

серия и номер знака предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер (номера) 213

поверено

наименование величин, диапазонов, на которых поверен эталон (средство измерений) если предусмотрено методикой поверки

поверено в соответствии с РЭ 4381-002-0582749-99 (раздел 12); п.10 ЭТ 4.100.000.

РЭ ГЦИ СИ "Марийский ЦСМ"

наименование документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов: Государственный рабочий эталон единицы освещенности, яркости, пульсации 1 разряда (рег. № 3.1.ЗБЭ.0557.2015) - установка поверочная автоматизированная УЛР-1А

№ 02

при следующих значениях влияющих факторов: температура окружающего воздуха плюс 21,7°C; относительная влажность воздуха 44%; атмосферное давление 745 мм рт. ст.

приводит перечень влияющих факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Знак поверки

Начальник отдела

Поверитель

Дата поверки  
12 октября 2015 г.



М.Ю. Урванцев

А.И. Кормщиков