

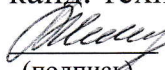
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники
Кафедра светотехники

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

канд. техн. наук, доц.

 О. Е. Железникова
(подпись)

«09» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО
СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В
ПТИЦЕВОДСТВЕ**

Автор бакалаврской работы


(подпись)

07.06.2018

(дата)

Н. В. Голованов

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-11.03.04-04-18

Направление 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Руководитель работы


(подпись)

08.06.2018

(дата)

И. И. Байнева

канд. техн. наук, доц.

Нормоконтролер


(подпись)

09.06.2018

(дата)

С. С. Карякина

зав. лаб.

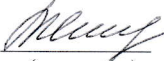
Саранск
2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники
Кафедра светотехники

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
канд. техн. наук, доц.

 О. Е. Железникова
(подпись)

«23» 04 2018 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

(в форме бакалаврской работы)

Студент Голованов Николай Владимирович

1 Тема Разработка и исследование светодиодного светильника для энергоэффективного освещения в птицеводстве

Утверждена приказом № 9439-с от 21.11.2017

2 Срок представления работы к защите 15.06.2018

3 Исходные данные для научного исследования (проектирования)
светодиодный светильник


4 Содержание выпускной квалификационной работы

4.1 Исследование режимов освещения и их влияния на
производительность птицы

4.2 Исследование принципов организации освещения для
клеточного содержания промышленного стада птицы


4.3 Разработка и исследование светодиодного светильника для
клеточного содержания птицы

Руководитель работы
канд. техн. наук, доц.

 23.04.2018
подпись, дата

И. И. Байнева

Задание принял к исполнению

 23.04.2018
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 87 листов, 49 рисунков, 3 таблицы, 41 источник.

СВЕТОВОЙ ПРИБОР, ИСТОЧНИК СВЕТА, СВЕТОДИОД, СВЕТОДИОДНЫЙ МОДУЛЬ, СИЛА СВЕТА, ОСВЕЩЕННОСТЬ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОСТЬ, ПТИЦЕВОДСТВО, ПТИЦА.

Объектом исследования являются светильники для птицеводства.

Цель работы – разработка и исследование параметров светодиодного светильника для клеточного содержания сельскохозяйственной птицы с привлечением современной измерительной и компьютерной техники.

В процессе работы проводились исследования по световым приборам, изучены особенности светодиодных световых приборов для птицеводства, исследованы режимы и принципы организации освещения и их влияние на производительность птицы. Также осуществлен выбор комплектующих изделий и материалов светильника; проведено экспериментальное исследование светотехнических характеристик и теплового режима спроектированного светильника. Результатом выполнения дипломного проекта стал световой прибор серии ДСП 108, предназначенный для освещения клеточного содержания промышленного стада птицы.

Степень внедрения – результаты работы могут быть использованы в производстве световых приборов.

Область применения – проектирование, расчет и производство световых приборов. ?

Эффективность – возможность уменьшения затрат на разработку и проектирование световых приборов.

БР-02069964-11.03.04-04-18								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка и исследование светодиодного светильника для энергоэффективного освещения в птицеводстве	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Голованов	<i>Голованов</i>	08.06.18		Д	4	87
Проект.		Байнева	<i>Байнева</i>	08.06.18				
И. Коонтр.		Карякина	<i>Карякина</i>	09.06.18				
И. Сверд.		Железникова	<i>Железникова</i>	09.06.18				
						ИЭС, каф. СТ, о-з\о, 504		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Исследование режимов освещения и их влияния на производительность птицы	9
1.1 Исследование влияния освещения на процесс выращивания птицы	9
1.2 Световые программы выращивания птицы	12
1.3 Типы режимов освещения птичников	16
1.4 Особенности освещения в птицеводстве	17
1.5 Особенности освещения при выращивании птицы	20
1.6 Роль интенсивности освещения в птицеводстве	22
1.7 Цвет освещения в птицеводстве	23
2 Исследование принципов организации освещения для клеточного содержания промышленного стада птицы	26
2.1 Проблемы освещения в птицеводстве	26
2.2 Традиционные осветительные системы в птицеводстве	26
2.3 Энергосберегающее освещение для птичников	29
2.4 Энергоэффективное светодиодное освещение в птицеводстве	30
2.5 Электро-, пожаробезопасность, защита осветительных систем	31
2.6 Применение алгоритмов прерывистого освещения	32
3 Разработка и исследование светодиодного светильника для клеточного содержания птицы	34
3.1 Обзор систем освещения и световых приборов для содержания птицы	34
3.1.1 Специфика светильников для птицеводства	34
3.1.2 Обзор световых приборов для птичников	35

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

3.1.3 Устройства для управления освещением птицефабрик	43
3.2 Особенности устройства бройлерных клеток	47
3.3 Техническое задание на LED-светильник	50
3.4 Обоснование конструкции светильника	52
3.5 Выбор материала корпуса светильника	55
3.6 Светодиодные источники света	57
3.7 Источник питания	66
3.8 Экспериментальное исследование характеристик светодиодного светильника	69
3.9 Определение положения светильника в пространстве	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Свет - важнейший экзогенный фактор, воздействующий на любой живой организм, в том числе и на птиц. Понимание и грамотное управление этим фактором является неотъемлемой и важнейшей частью технологии выращивания всех направлений яичной и мясной птицы. Освещение в птичнике играет важную роль и позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечивать более комфортные условия ее содержания и добиваться существенного роста практически всех показателей продуктивности стаи [1].

Правильно организованная система освещения совместно с правильно спроектированной 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, также снизить разбивание яиц. В последние годы интенсификация промышленного производства яиц обусловила его высокую энергоёмкость.

На освещение расходуется до 50% потребляемой электроэнергии. Например, при использовании ламп накаливания на освещённость приходится 45-48% от всех затрат электроэнергии, что в промышленных условиях содержания кур-несушек составляет 70-100 тыс. кВт·ч в год [9].

Сократить затраты можно благодаря применению энергоэффективных источников света [2]. Преимуществом светодиодных светильников в условиях птичника является их миниатюрность, которая позволяет создавать равномерную освещённость в клетках, расположенных на разных ярусах батареи. При использовании светодиодного освещения открываются дополнительные возможности в ценовой политике предприятия, увеличивается его рентабельность.

Некоторые параметры светодиодов, такие как цветовая температура,

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

могут влиять на производимую продукцию (количество/размер), поэтому подобрав подходящие параметры освещения можно увеличить усвояемость корма бройлерными породами или повысить яйценоскость несушек.

Опыт показывает, что в промышленных условиях всё большее внимание уделяют световым программам, режимам освещения в разные периоды выращивания и содержания птицы, источникам света [8].

Таким образом, целью дипломного проекта должны стать исследование проблем разработки и эксплуатации светодиодных световых приборов для птицеводства, в частности светильников для клеточного содержания промышленного стада птицы. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- осуществить обзор имеющейся технической литературы по светодиодам и светодиодным световым приборам;
- исследовать режимы и принципы организации освещения и их влияние на производительность птицы (бройлеров);
- изучить особенности светодиодных СП для птицеводства;
- изучить основные компоненты и материалы светодиодных световых приборов;
- спроектировать светодиодный светильник для клеточного содержания промышленного стада птицы;
- выбрать комплектующие изделия и материалы СП;
- исследовать светотехнические характеристики и тепловой режим спроектированного светильника;
- изучить требования нормативных документов по электробезопасности, особенности проектирования, производства, монтажа и эксплуатации светодиодного осветительного оборудования для клеточного содержания птицы.

Актуальность данного дипломного проекта заключается в разработке энергоэффективного светодиодного светильника для клеточного содержания промышленного стада птицы с оптимальными режимами и характеристиками.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Новизна работы заключается в проведенных исследованиях характеристик энергоэффективных световых приборов, проработке вариантов их конструктивного исполнения.

1 Исследование режимов освещения и их влияния на производительность птицы

1.1 Исследование влияния освещения на процесс выращивания птицы

В промышленных условиях птица обычно содержится при искусственном освещении и очень восприимчива к его изменениям [3, 4]. Особенно ярко это проявляется в периоды полового созревания и яйцекладки, что птицеводы обязательно учитывают, составляя программы освещения. Осветительные установки должны обеспечивать равномерную освещенность и возможность ее изменения в широком диапазоне. Выбор ламп и вариантов освещения определяют в соответствии с физиологическими особенностями птицы и оптимальным соотношением между затратами на электроэнергию и производительностью.

Основа эффективной работы птицеводств – рентабельность конечного продукта (яиц и мяса птицы), его конкурентоспособность на внутреннем рынке [5]. А важнейшие слагаемые успешной конкуренции – ресурсосберегающие технологии.

В условиях современного производства птицеводческой продукции разработка новых усовершенствованных технологий, а также отдельных приёмов направлена как на увеличение её объёмов, так и на уменьшение материально-энергетических затрат [6].

Сегодня наиболее распространёнными являются ресурсосберегающие технологии, в основу которых входят достижения биологической науки и научно-технического прогресса.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Известно, что одним из важнейших элементов технологии выращивания и содержания птицы, оказывающим существенное влияние на её рост, развитие и продуктивность, является освещение [6].

Правильно организованная система и программа освещения влияют на возраст полового созревания, способствуют оптимальному режиму развития птицы, увеличению яйценоскости и массы яиц, повышению качества скорлупы, снижению боя яиц, затрат кормов, травматизма птицы и затрат электроэнергии [7].

Проблема энерго- и ресурсосбережения в промышленном птицеводстве обострилась при высоком уровне потребления электроэнергии для производства кормов и освещения птичников, особенно при содержании поголовья в безоконных помещениях [13, 14].

Рост объемов производства птицефабрик стало возможным благодаря развитию сложных производственных систем, технологий содержания и кормления и ветеринарных мероприятий.

При интенсивном развитии птицеводства эффективность защиты организма птицы от патогенных факторов микробной и вирусной природы в полной мере зависит от состояния иммунной системы, которая является связывающим звеном между ветеринарными и зоотехническими вопросами.

Роль освещения при выращивании кур часто недооценивают, несмотря на то, что еще несколько десятилетий назад была доказана эффективность введения научно обоснованных режимов освещения [14].

Освещение в птичнике играет важную роль при выращивании кур всех направлений и позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечить более комфортные условия ее содержания и добиться существенного роста практически всех показателей продуктивности стада.

Правильно организованная система освещения совместно с правильно спроектированной программой освещения позволяет влиять на возраст полового созревания, обеспечить оптимальный режим развития птицы,

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

увеличить яйценоскость, длительность периода яйцекладки, размер яиц и их массу, прочность скорлупы, оплодотворенность, снизить бой яиц, а также увеличить выживаемость молодняка, снизить затраты кормов и улучшить их усваиваемость, снизить травматизм у птицы и уменьшить затраты электроэнергии в 1,5-3 раза [12].

Известно, что активность центральных и периферических органов иммунитета зависит от полноценности рационов питания по основным и биологически активным веществам и соблюдения температурно-влажностного и светового режимов.

Значительное многогранное влияние на функции и развитие организма имеет свет, действуя на организм через рецепторы сетчатки глаза, кожи, слизистых оболочек, влияет на кору головного мозга, а затем рефлекторно на функции различных органов, систем и общий обмен веществ [14].

Использование рекомендованного режима освещения для цыплят-бройлеров повышает показатели, характеризующие производительность, стимулирует гемопоэз, общую резистентность организма и предотвращает многие незаразные заболевания птицы.

На сегодняшний день механизмы воздействия освещения на кур достаточно хорошо изучены [12]. Основные параметры освещения, влияющие на жизнедеятельность кур - это освещенность, спектр излучения осветителей, длительность светового дня и ее изменение.

Установлено, что ритмы дневной активности и ночного покоя у кур регулируются эпифизом путем выделения фермента, отвечающего за превращение серотонина в мелатонин, при повышении уровня которого в крови куры садятся на насест, засыпают, и температура тела у них понижается.

Эксперименты показали, что эпифиз чувствителен к свету, однако эта чувствительность различна в разные периоды суток. Предполагают, что длительность суток измеряется с помощью эндогенного ритма, который состоит из двух полуциклов: «светочувствительного» и

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

круглосуточном освещении птица используется слишком интенсивно, кроме того, это негативно влияет на здоровье [11].

Для снижения расхода электроэнергии на освещение рекомендуется применять прерывистые режимы освещения, которых сейчас разработано большое количество. Прерывистые режимы освещения позволяют не только уменьшить расходы электроэнергии на освещение, но и в некоторых случаях положительно влияют на продуктивные показатели птицы, способствуют снижению удельных затрат кормов. Кроме того, опытным путем было показано, что при прерывистом световом режиме птица подвергается меньшему стрессу, чем при постоянном [11].

Программы освещения разрабатывают с учетом изменений происходящих на разных этапах развития птицы, так как от количества и интенсивности света зависит активность птенцов и взрослых особей. Из литературных источников известно много примеров применения различных режимов освещения с целью влияния на физиологические процессы в организме цыплят и их регуляцию [9].

Основная стандартная программа освещения всегда адаптируется к конкретным производственным условиям с учетом климата, типа помещений, среднесуточного веса птицы, питательности рациона, уровня использования корма и общей цели откорма. Несоблюдение требований режимов освещения для цыплят может привести к значительному снижению производственных показателей целого стада - приростов, сохранности и конверсии корма.

Одним из факторов, который может отрицательно повлиять на состояние птицы - это резкое включение/выключение освещения. Поэтому желательно обеспечить плавный «рассвет/закат» в птичнике, особенно для кур-несушек. Тем более не рекомендуется выращивать кур при постоянном освещении. Уже с третьих суток их необходимо постепенно приучать к темноте, иначе при аварийном отключении освещения может начаться давка, что приведет к гибели птицы.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Так, широко используются световые программы в период выращивания бройлеров с 7 по 12 день с целью задержания слишком быстрого роста бройлеров, что положительно влияет на сохранность стада, профилактику заболеваний сердечно-сосудистой, опорно-двигательной, а также пищеварительной и иммунной систем. При интенсивном росте гибридных цыплят происходит быстрое увеличение мышечной ткани, основой для которой является опорно - двигательная система. Известно, что суточный бройлер живым весом 38-40 граммов за 42 суток увеличивает свою массу более чем в 50 раз. Поэтому, цыпленок, который до 25-дневного возраста имеет слабо развитый костяк, не выдерживает такой нагрузки, становится слабым, малоподвижным, редко подходит к корму и воде, у него на конечностях развиваются дерматиты и появляются воспаления грудной мышцы, что приводит к срочной его выбраковки.

Важным фактором, влияющим на развитие кур, является длительность светового дня, а также ее изменение в процессе выращивания и яйцекладки. Когда молодняк выращивают при постоянном световом дне, возраст полового созревания зависит от продолжительности светового дня. 10-, 12- и 14-часовая длительность дня показала более раннее половое созревание [11]. Более короткий или более длинный световой день показал более позднее половое созревание.

В промышленной практике для выращивания молодняка успешно применялась длительность светового дня от 8 до 16 часов. Длительность светового дня 8 часов - это наиболее используемая программа с постоянной длительностью светового дня. Эта программа умеренно ограничивает возраст полового созревания и позволяет влиять на молодняк светостимулирующей программой в любом нужном возрасте, что позволяет ускорить или задержать половое созревание в зависимости от текущей цены на яйцо или потребности в них. Программа 1 на рисунке 1.2 - типичная программа с постоянным световым днем.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Резкие изменения длительности светового дня иногда применяются в период роста при условии незначительного их влияния на половое созревание. Исследования показали, что резкое увеличение или уменьшение длительности светового дня оказывает большее влияние на возраст полового созревания в более позднем возрасте, но до начала яйцекладки [11].

Программа 3 на рисунке 1.2 - типичная программа с резким изменением длительности светового дня.

1.3 Типы режимов освещения птичников

От рационального нормирования искусственного освещения зависят физиологическое состояние птицы и её продуктивность. При нормировании светового режима следует чётко различать два фактора: явление фотопериодизма (длительность) и интенсивность освещения. Многочисленные данные отечественных и зарубежных исследований подтверждают необходимость новых нормативов освещения, используемых в птицеводстве [12].

Режимы освещения птичников можно условно разделить на режимы с одним световым периодом и на прерывистые режимы освещения. Прерывистые режимы освещения используются как при выращивании кур-несушек, так и при выращивании бройлеров. Однако режимы для различных направлений существенно отличаются. Установлено, что при режимах прерывистого освещения важна не общая продолжительность светового дня, а то, в какое время суток обеспечен свет, и в результате какая получается продолжительность «субъективного» дня, т. е. того периода, который куры в режиме прерывистого освещения воспринимают как продолжительный световой день.

Все режимы прерывистого освещения, описанные в мировой литературе условно можно разделить на два типа: режимы прерывистого освещения

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

асимметричного типа и режимы прерывистого освещения симметричного типа.

Птица реагирует на них совершенно по-разному.

Режимы прерывистого освещения асимметричного типа (например, 2С:4Т:8С:10Т), воспринимаются стадом кур как однократная смена дня и ночи. Установлено, что с точки зрения потребления корма, овуляции и яйцекладки в режимах прерывистого освещения этого типа, куры самый большой период темноты воспринимают как ночь, а следующий за ним световой период - как начало «субъективного» дня, или как «рассвет». Остальные короткие периоды темноты птица игнорирует и наряду со световыми периодами воспринимает как продолжительный световой день. Происходит общая синхронизация яйцекладки в стаде, т. е. ритм кладки яиц совпадает с «субъективным» днем.

При использовании режимов прерывистого освещения асимметричного типа продуктивность птицы повышается, а расход корма снижается, или эти показатели остаются на уровне постоянного освещения. Именно режимы этого типа находят широкое применение в яичном птицеводстве [12].

Режимы прерывистого освещения симметричного типа (например, (2С:4Т)х4 или (1С:3Т)х6 и др.), не имеют четкой границы между «субъективным» днем и «субъективной» ночью, поскольку все периоды света и темноты равны по длительности. Установлено, что при этом в стаде кур происходит десинхронизация яйцекладки, т. е. она продолжается в течение 24 часов.

При использовании режимов прерывистого освещения симметричного типа в целом яичная продуктивность снижается, с одновременным повышением массы яиц и улучшением качества скорлупы. Особенно характерно для режимов этого типа повышение живой массы.

В связи с этим режимы прерывистого освещения данного типа целесообразно в основном применять в бройлерном производстве.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

10%, расход корма на получение яичной продукции уменьшился на 5-7% . Яйценоскость несушек за 56 недель кладки составила 276 яиц/гол., затраты корма на получение 10 яиц - 1,6 кг (или 3,0 кг на 1 кг яйцемассы), среднесуточное потребление корма - 117 г/год [8].

Изменения должны быть плавными, для того чтобы птица привыкла к графику кормления от светового периода.

Данные ученых из Реддингского университета (Англия) показали возможность применения прерывистого освещения Biomittent с 18 и 23-нед. возраста молодок. Фирмой Purina Mills был применен данный режим для выращивания молодняка начиная с 3-х недельного возраста при длительности светового дня 8 часов [7]. В результате применения этой программы снизились затраты корма и немного увеличился вес молодняка к 20-недельному возрасту, без последующего снижения производительности стада.

1.5 Особенности освещения при выращивании птицы

При разработке программ освещения для выращивания птицы необходимо учитывать несколько важных моментов.

Одной из проблем является то, что бройлеры очень быстро начинают наращивать мышечную массу, но это происходит за счет развития скелета, сердца и кровеносной системы, иммунных нарушений и жизнеспособности. Таким образом, можно вырастить крупную птицу за короткое время, но прибыль от стада снижается за счет того, что у птицы появляются проблемы с ногами, асцит, плохая жизнеспособность, из-за чего серьезно страдает эффективность потребления корма.

Поэтому необходимо обеспечить контроль за развитием бройлеров в раннем возрасте, для того, чтобы их сердце, легкие, и скелет успели сформироваться перед началом активного формирования мышечной ткани. Этого можно добиться при помощи использования сдерживающих световых программ и ограничения потребления корма в раннем возрасте [6].

					<i>БР-02069964-11.03.04-04-18</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

В некоторых случаях во время периодов темноты включают несколько коротких световых периодов. Это стимулирует активность птицы, дает возможность потребления воды и пищи во время периода отдыха. Кроме того, короткие световые периоды позволяют уменьшить вероятность появления волдырей на груди птицы, а также давки возле кормушек, которая может возникать после длительных периодов темноты.

Высокую эффективность показало использование при выращивании бройлеров режимов прерывистого освещения симметричного типа.

В качестве примера приведем несколько широко используемых программ освещения, применяемых для выращивания бройлеров (таблица 1.1).

Данные изменения крови и продуктивных показателей цыплят-бройлеров при их выращивании с использованием программы свет-тьма, свидетельствуют о необходимости изменения света «дня» и «ночи», что обеспечивает сохранность энергии в период темноты, повышение приростов живой массы и снижение затрат корма на единицу прироста. При этом улучшается развитие скелета, стимулируется иммунная система за счет продуцирования мелатонина, улучшается однородность стада, а сохранность молодняка составляет 97 %.

Таблица 1.1 – Программы освещения для выращивания птицы

День	Освещение	Интенсивность, лк
Программа Classen and Goldkist, Inc, USA		
0	23С:1Т	20
1-2	20С:4Т	20
3-4	18С:6Т	20
5-14	6С:18Т(*)	5
15-21	10С:14Т(*)	5
22-28	14С:10Т(*)	5
29-35	18С6Т	5

При содержании взрослых кур-несушек рациональной является освещенность 10 лк, а родительского стада - 15 лк (при освещенности нижеуказанного уровня половая активность петухов заметно снижается).

Снижение яркости освещения также позволяет снизить явление ощипывания перьев и каннибализма у птицы. Минимальная яркость освещения для выращивания молодняка составляет 5 люкс, измеренная возле кормушки. При содержании кур на полу освещенность должна быть выше, чем в клетках. В настоящее время многие зарубежные фирмы рекомендуют освещенность 20-25 лк. Это связано с тем, что если в птичнике имеются зоны с пониженной освещенностью (ниже 10 лк), куры в этих местах сносят яйца и резко повышается их загрязненность.

Система освещения должна быть спроектирована с некоторым запасом, т.к. яркость ламп со временем снижается, и со временем они запыляются и засоряются.

1.7 Цвет освещения в птицеводстве

Исследования показали, что цвет освещения также оказывает влияние на поведение, рост и воспроизводство птицы. Куры воспринимают свет как через сетчатку глаза, так и через фоточувствительные клетки мозга. Поскольку длинноволновая (красная) часть светового спектра лучше проникает сквозь кожу и кости черепа, чем коротковолновая, было установлено, что рост и поведение связаны с рецепторами сетчатки, а репродуктивные функции связаны с фоточувствительными клетками мозга [3].

Птица воспринимает свет иначе, чем люди. Например, её чувствительность к различным длинам волн светового спектра отличается от чувствительности человеческого глаза (рисунок 1.3).

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

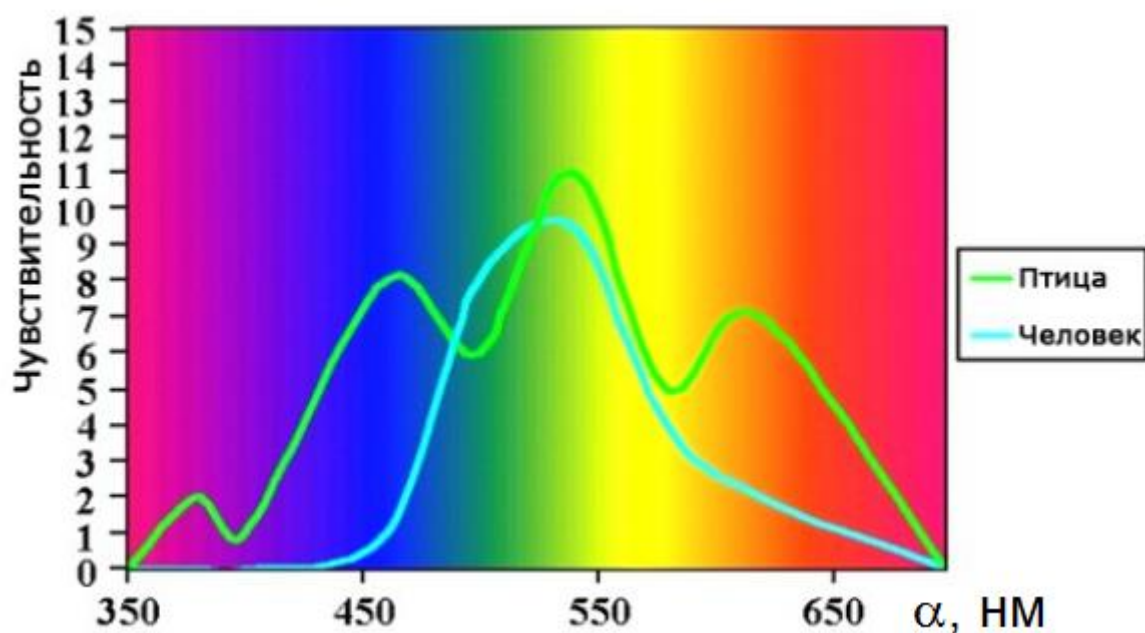


Рисунок 1.3 – Чувствительность к световому спектру человека и птицы

Наблюдения показали, что синий свет действует на птицу успокаивающе. Монохромный синий свет стимулирует выработку в плазме тестостерона, который производит протеины, увеличивающие мышечные клетки. Сине-зеленый свет стимулирует рост цыплят, тогда как красно-оранжевый стимулирует репродуктивные функции. Монохромный зеленый свет стимулирует рост мышечных клеток и развитие скелета.

Красный свет используется для снижения каннибализма и расклевывания перьев. Красный свет глубоко проникает не только через глаза, но также через кожу птицы. Монохромный красный свет стимулирует гипоталамус, который вырабатывает гормоны для воспроизводства, повышая яйценоскость и оплодотворяемость.

Однако наблюдения показали, что красные лампы снижают длительность кладки яиц. Исходя из этого и т.к. красные лампы более энергоемкие, их не рекомендуют использовать для молодняка.

Синий и зеленый свет имеют относительно короткую длину волны, и поэтому воспринимаются только глазом, стимулируя рост. Красный свет имеет

Кроме всего для отдыха и правильного развития птицы необходимы периоды темноты.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2 Исследование принципов организации освещения для клеточного содержания промышленного стада птицы

2.1 Проблемы освещения в птицеводстве

Современная система освещения птичника должна соответствовать современным требованиям к энергосбережению, а также соответствовать технологическим требованиям содержания соответствующих кроссов [2].

Известно, что в помещениях для клеточного и напольного содержания кур искусственное освещение существенно влияет на технико-экономические показатели производства.

Ни в одной отрасли животноводства использование света не приобрело такого значения, как в птицеводстве, где освещение птицы является одним из наиболее энергоемких технологических процессов, на долю которого приходится около 50 % всей потребляемой электроэнергии. Птицеводство несет большие экономические затраты, связанные с интенсификацией технологии кормления и содержания птицы.

Значительные затраты электроэнергии на освещение и ее постоянный рост цен на электроэнергию не менее чем на 10 % каждый год, заставляют ученых и производителей заняться поиском эффективных энергосберегающих источников освещения.

В условиях жесткой конкуренции владельцы сельхозпредприятий вынуждены серьезно подходить к выбору систем освещения, просчитывать возможные последствия ни на один год вперед.

2.2 Традиционные осветительные системы в птицеводстве

В настоящее время с введением новой технологии содержания животных наблюдается все большая изоляция их от природной среды,

					<i>БР-02069964-11.03.04-04-18</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

поэтому возрастает роль искусственного света и осветительных установок.

До недавнего времени в птицеводстве наиболее распространенными источниками света были лампы накаливания (ЛН) и традиционные люминесцентные лампы (ЛЛ). Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки.

Для искусственного освещения применяют лампы накаливания, излучение которых на 10-40 % состоит из видимого света.

Их положительными показателями являются:

- небольшие размеры,
- простота устройства,
- небольшая стоимость.

В то же время недостатки ламп накаливания:

- сравнительно небольшая световая отдача;
- большая яркость раскаленных нитей, которые отрицательно действуют на зрение;
- сравнительно короткий срок службы (800-1000 ч),
- значительная энергоемкость.

К этому следует добавить, что во многих странах реализуется программа запрета применения в качестве источников света ламп накаливания.

Люминесцентные лампы в связи с более длительным сроком их эксплуатации и большей светоотдачи в сравнении с лампами накаливания привлекают все большее внимание птицеводов. По некоторым данным в мире на люминесцентные лампы приходится около 70 % всех источников искусственного света. Они дают возможность уменьшить расходы электроэнергии в 3-5 раз по сравнению с лампами накаливания.

При изучении влияния ламп накаливания, натриевых ламп высокого давления и люминесцентных ламп белого света на рост и развитие индюшат и бройлеров существенных преимуществ тех или других источников света

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

люминесцентными лампами. Они имеют больший срок их службы – более 50000 часов, т. е. почти в 50 и 5 раз соответственно больше, чем у ламп накаливания и люминесцентных ламп. Они устойчивы к многократным включениям и выключениям, обладают противопожарной и электрической безопасностью (низкое напряжение - обычно 12-36 В). Другими преимуществами светодиодных систем освещения является возможность регулирования уровня освещенности от «0» до номинального, получение света любого спектра, отсутствие в составе токсичных веществ, отсутствие эффекта мерцания [14].

Способы управления яркостью ламп накаливания и люминесцентных ламп ограничены определенным уровнем напряжения и тока, при котором наступает для ламп накаливания свечение нагретой до определенной температуры вольфрамовой нити, для люминесцентных ламп тлеющий электрический разряд через область внутри колбы с парами ртути. Кроме того, сам режим подачи импульсного напряжения или тока питания постоянного значения является более предпочтительным для светодиодов, ввиду особенностей их функционирования.

Необходимо также отметить, что в помещениях для содержания птицы и животных светильники можно размещать на относительно небольшой высоте от 0,4 м (при клеточном) до 2,5-4 метров (при напольном содержании птиц и животных), что позволяет эффективно использовать в светильниках маломощные сверхъяркие светодиоды, массовое производство которых в настоящее время определяет достаточно низкую стоимость системы светодиодного освещения, которая окупается в течение от одного года до трех лет по сравнению с лампами накаливания или люминесцентными лампами.

По сравнению с лампами накаливания и люминесцентными лампами, которые имеют направленность светового потока 360°, светодиоды с углом

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

половинной яркости в 120°-140° позволяют более эффективно использовать интенсивность источника света.

2.5 Электро-, пожаробезопасность, защита осветительных систем

Исходя из требований по выращиванию и содержанию птицы и сельскохозяйственных животных через определенное время помещения подвергаются интенсивной мойке водой аппаратами высокого давления с применением агрессивных моющих и дезинфицирующих средств. Например, при выращивании цыплят-бройлеров процесс полной обработки и мойки всего оборудования совершается каждые 40-50 суток. Применение светильников, в цепи питания которых используется напряжение промышленной сети 220 В (лампы накаливания или люминесцентные лампы) влечет за собой опасность возникновения ситуаций, когда из-за потери герметичности корпуса светильника или повреждения кабелей питания, возможно поражение электрическим током обслуживающего персонала или возникновение пожара. В светодиодных светильниках может использоваться низкое напряжение питания, которое обеспечивает электро- и пожаробезопасность при обслуживании и эксплуатации системы освещения.

Система IP (Ingress Protection Rating) – система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования (electrical enclosure equipment) от проникновения твёрдых предметов и воды в соответствии с международным стандартом IEC 60529 (DIN 40050, ГОСТ 14254-96). В соответствии с этим ГОСТ степень защиты светильников для птичников должна быть не ниже IP 65 (полная защита от проникновения пыли и случайного проникновения, защита от попадания струй воды, падающих под любым углом), т.к. работать им приходится в достаточно жестких условиях: высокая концентрация пуха, пыли, газа; во время санитарной обработки птичника светильники подвергаются мойке под сильными струями воды.

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-02069964-11.03.04-04-18					

2.6 Применение алгоритмов прерывистого освещения

Алгоритмы прерывистого освещения сельскохозяйственных помещений, разработанные в ведущих сельскохозяйственных институтах Российской Федерации, позволяют эффективно повысить производственные показатели при выращивании цыплят-бройлеров, содержании промышленного стада кур-несушек, ремонтного молодняка, родительского стада, а также животных [11]. В частности, в последние годы при производстве куриных яиц интерес к режимам прерывистого освещения заметно возрос. Это вызвано тем, что, в отличие от режимов постоянного освещения, прерывистое позволяет не только увеличивать яйценоскость, массу яиц, прочность скорлупы, продолжительность использования кур-несушек, но и одновременно снизить затраты корма, отход поголовья, расход электроэнергии.

Реализация режимов прерывистого освещения на лампах накаливания влечет за собой использование малоэффективных, с точки зрения потребления электроэнергии, технологий, приводящих кроме того к сокращению и так небольшого срока службы таких ламп.

Люминесцентные лампы без применения специальных элементов, так называемых «балластов», не позволяют регулировать уровень освещенности в помещении ниже, чем 30-50% от максимального.

Стоимость светильников с возможностью такой регулировки возрастает в несколько раз и становится сравнимой со стоимостью светодиодного светильника, потребление электроэнергии которого в 2-2,5 раза меньше, а срок службы больше в 5-8 раз.

Применение светодиодных светильников с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) позволяет реализовывать режимы прерывистого освещения максимально эффективно с точки зрения

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

энергопотребления, при низкой стоимости оборудования и высокой надежности.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3 Разработка и исследование светодиодного светильника для клеточного содержания птицы

3.1 Обзор систем освещения и световых приборов для содержания птицы

3.1.1 Специфика светильников для птицеводства

Конструкции светильников, изготовленных для промышленных зданий, в птичниках не работают. Причины кроются в специфике предприятий:

– на птицефабриках очень жесткие условия эксплуатации: сильная запыленность, частые мойки оборудования аппаратами высокого давления, повышенная температура;

– выращивание птицы в соответствии с зоотехническими нормами предполагает высокую равномерность освещенности, периодическое изменение количества света, причем переход с уровня на уровень не должен вызывать стресса у животных, то есть обязательно наличие функции «рассвет/закат»;

– применение светильников с традиционными лампами влечет существенное увеличение затрат на обслуживание, поскольку цеха имеют большие размеры, а при размещении освещения внутри клеток, замена ламп становится очень непростой задачей для персонала.

Поскольку линии кормления и поения располагаются непосредственно внутри клеточной батареи, размещение светильников в проходах оказывается неэффективно из-за множественных теней и неравномерного распределения света по ярусам. Использовать освещение для птичника, применяя лампы накаливания или компактные люминесцентные с патроном E27, достаточно сложно ввиду того, что они требуют периодической замены, которую трудно производить внутри многоярусной клетки. Также следует отметить, что такие

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

светильники при высоте подвеса менее 45 см неравномерно освещают поверхность.

Для клеточного содержания существует два положения светильника, которые обеспечиваются с помощью специальной системы подвески на основе лебедки:

– рабочее положение, когда светильники висят вертикально в проходах между клетками, и повернуты к ним; специальные светодиоды обеспечивают равномерное освещение всех ярусов клетки.

– сервисное положение, где посредством лебедки и системы тросов светильники поднимаются в горизонтальное положение. При этом проходы освобождаются для проведения технологических работ, и освещаются этими же светильниками.

Экономическая привлекательность любого оборудования определяется в том числе надежностью и продолжительностью работы. В настоящее время интерес к светодиодному освещению, как наиболее надежному, безопасному и экономически выгодному стремительно растет. Постоянное развитие технологий производства светодиодов, источников (драйверов) питания и светильников на их базе определяет существенное снижение стоимости оборудования при сохранении продолжительного срока службы и надежности, который при правильном проектировании и соблюдении требований к эксплуатации светодиодов может достигать 75000 - 100000 часов (8-11 лет). Для ламп накаливания этот показатель ограничивается сроком в 1000 часов, а люминесцентных - до 10000 часов.

3.1.2 Обзор световых приборов для птичников

Использовать светодиодное освещение для бройлеров в клетке - это лучшее решение, позволяющее устранить все существующие проблемы. Так, разместив светодиодный светильник длиной два метра в трехметровой

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

кабельные вводы. Светильники укомплектованы удобными подвесами, обеспечивающими простой и быстрый монтаж оборудования. Светильники не требуют обслуживания и замены в течение всего срока службы. Расчетный срок службы более 10 лет.



Рисунок 3.1 – Светодиодные светильники серии LED-XXX

Характеристики светильников:

- количество светодиодов 240 шт.;
- цвет свечения теплый белый 2800-3200К;
- напряжение питания 24V DC;
- степень защиты от пыли и влаги IP65;
- диапазон рабочих температур $-20\div+50^{\circ}\text{C}$;
- масса не более 500 г.

Светильники мощностью 19,2 Вт обычно применяются в родительских и бройлерных птичниках с напольным содержанием, где необходимы высокие уровни освещенности, порядка 50-100 люкс. Диаграмма направленности светодиода 120 градусов позволяет практически весь излучаемый световой поток направить вниз и, тем самым, повесить

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

39

эффективность LED лампы по сравнению с лампой накаливания или люминесцентной.

Если птицефабрика использует для содержания молодняка или бройлеров клеточное оборудование с кормовыми желобами, то самым оптимальным вариантом системы освещения будет применение светильников мощностью 15,4 Вт, которые размещаются в проходах между клетками с интервалом от 0,5 м до 2 м. Такое решение позволяет освещать корм в желобах на уровне 50-100 лк и обеспечивает комфортные условия для выращивания птицы.

При клеточном содержании птицы в помещениях с освещенностью до 60 лк, например, родительское стадо или промышленная несушка, применяются светодиодные светильники меньшей мощности: 11,5 Вт и 7,7 Вт. Светильник LED-7.7 был разработан специально для яичных птицефабрик, поскольку там по зоотехническим нормам требуется невысокий уровень освещенности, как правило, менее 20 лк.

Почти все светильники в диапазоне мощности от 7,7 Вт до 11,5 Вт имеют длину два метра, обеспечивающую равномерность, и подвешиваются на тросах с промежутками от 0,5м до 3м, в зависимости от требуемого уровня освещенности, высоты подвеса, расстояния между тросовками. Благодаря удачной конструкции LED ламп, светодиодное освещение для птичников с несушкой стало дешевле люминесцентного уже в начале 2011 года, а спустя всего лишь год LED системы стали выгоднее и для бройлеров, и для родителей, и для молодняка. Сегодня для освещения птицефабрик уже нет альтернативы светодиодам, вложение средств в закупки компактных или линейных люминесцентных ламп заведомо менее эффективно, чем приобретение LED систем.

Освещение многоярусных бройлерных клеток с расположенными внутри кормушками является сложной задачей. Свет от ламп из проходов практически не поступает в глубину клетки, а бройлерам надо осветить корм

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

получения равномерного освещения. Таким оборудованием хорошо освещать помещения с высоким потолком без внутренних колонн.

Для напольного содержания в Китае применяются регулируемые CCFL лампы (люминесцентные лампы с холодным катодом) отечественного (китайского) производства. Их предлагают местные производители птичников и используют местные птицеводы.

Лампа CCFL мощностью 13Вт (по световому потоку заменяет лампу накаливания мощностью 65 Вт) и регулируется обычным тиристорным регулятором. В Европе такие лампы тоже используют, как и регулируемые CFL (люминесцентные лампы с подогревом электродов), но для освещения клеток.

Светильник с U-образной компактной люминесцентной лампой с диапазоном регулирования яркости 8...100% при помощи специального диммера приведен на рисунке 3.2.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

43

Рисунок 3.2 – Светильник с U-образной КЛЛ

В последнее время на птицефабриках популярны батареи с большим числом ярусов клетки. Освещение таких клеток сложнее. Обычно светильники подвешивают в несколько ярусов по высоте. Возникает новая проблема: низко висящие светильники мешают персоналу при обслуживании. Интересный выход предложен итальянской фирмой TECNO. Они подвесили светильники на тросах, высоту подвеса можно регулировать лебедкой (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Подвес светильников на тросах

Светильники двухламповые: одна – лампа накаливания, ее яркость можно регулировать, вторая – обычная компактная люминесцентная.

Альтернативный способ освещения многоярусных птичников использует компания Big Dutchman [32]. Она применяет регулируемые

светильники с линейными люминесцентными лампами Т8, установленные вертикально в проходе. Такой способ обеспечивает равномерное распределение света. При обслуживании клетки светильники можно закрепить горизонтально вручную или поднять лебедкой.

Сельскохозяйственный светодиодный светильник DS Agro 30 (рисунок 3.4) предназначен для освещения ферм, теплиц, коровников, птичников и других животноводческих сооружений [38]. Данный светильник защищен от воздействия влаги и пыли, а также от коррозии: корпус выполнен из анодированного алюминия исключает возможность коррозии. DS Agro 30 может крепиться как на потолок, так и на стены, а также может быть закреплен на тросах.



Рисунок 3.4 – Светодиодные светильники DS Agro

3.1.3 Устройства для управления освещением птицефабрик

В конструкции систем автоматического управления освещением должны быть максимально учтены особенности эксплуатации устройств в условиях птицеводческих ферм.

Регулируемое освещение для птицефабрики – один из основных элементов системы, обеспечивающих технологию «бесстрессового» выращивания птицы. Так, качество света напрямую влияет на привесы, яйценоскость, падеж, конверсию корма и многие другие параметры технологического процесса. Регулируемое освещение для птичника подразумевает не только возможность регулировки уровней освещенности по определенной программе, но и обеспечение функции плавного включения/выключения.

Энергосберегающее светодиодное освещение для птичника требует использования специальных надежных приборов для регулирования яркости.

На рынке птицеводческого оборудования представлен специализированный прибор, имеющий все необходимые для зоотехнии опции и позволяющий качественно управлять и использовать светодиодное освещение в птичнике. Это шкаф управления освещением ШУО-05-СД производства ООО «Резерв» (рисунок 3.5) [30].

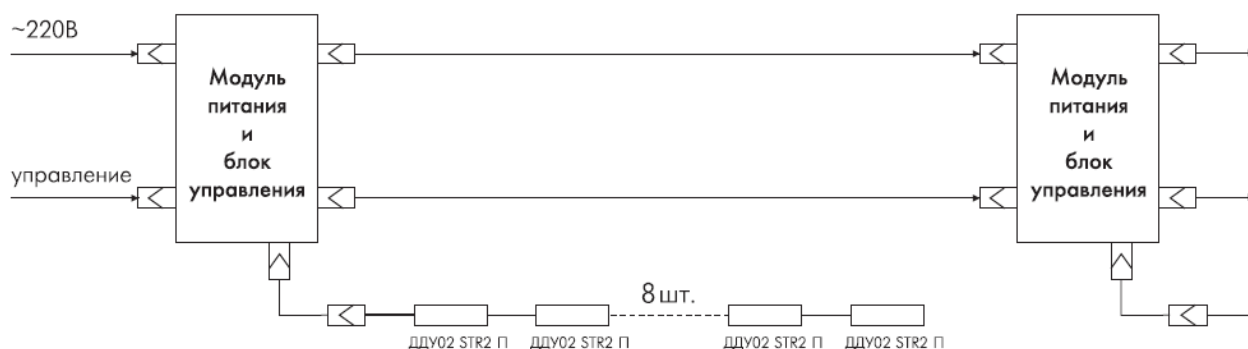


Рисунок 3.5 – Шкаф управления освещением ШУО-05-СД

Светодиодная система ООО «ДжиВиЭй Лайтинг» [33] для освещения птичников состоит из комплекта светодиодных светильников ДДУ02 STR2 П (рисунок 3.6) (8 шт.), модуля питания и блока управления. Светодиодные светильники соединены между собой кабелем. Светильники запитываются через разъем со степенью защиты IP65. Светильники могут крепиться на опорной поверхности с помощью монтажной защелки или тросе с помощью крючков. Блок управления светильников имеет возможность установки предварительной максимальной мощности питания светильников. Модуль питания и блок управления подсоединены к комплекту светильников по схеме (рисунок 3.7).



Рисунок 3.6 – Светильник светодиодный ДДУ02 STR2 П



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

47

Рисунок 3.7 – Светодиодная система

Для автоматической регулировки освещенности птичников подключается система управления освещением "ЛЮКС-АЦ" [33]. Данная система позволяет создавать регулируемое освещение с высокой равномерностью.

Четырехканальное энергонезависимое реле времени «Ритм-202» (рисунок 3.8) предназначено для управления оборудованием по заданной программе, в т.ч. оборудованием птичников на птицефабриках (освещение, кормораздача, поилки и др.). Выход представляет собой четыре переключающих контакта реле, программируемых по времени независимо друг от друга. Реле времени позволяет задать программу на 250 суток вперед. Сложность программы практически не ограничена. На панели прибора отображается состояние всех каналов (вкл./выкл.) На 9-разрядном светодиодном индикаторе отображается текущее время и количество суток, прошедшее от начала работы программы. С помощью встроенной клавиатуры можно запустить программу с любых из 250 суток работы, сохранив при этом текущее время. Можно откорректировать текущее время. Время поддержания хода часов и программы при отключении от сети - 10 лет.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



Рисунок 3.8 – Реле времени «Ритм-202»

Для создания и программирования реле времени необходим любой компьютер, имеющий COM-порт или USB (с адаптером USB-com). Программа для реле создается быстро, в удобной и наглядной форме, с автоматической проверкой ошибок. Введённые программы сохраняются на компьютере и могут быть введены в приборы в дальнейшем, распечатаны на принтере или скорректированы по просьбе зоотехника. Программа записывается с помощью адаптера на носитель информации в течение нескольких секунд, после чего он вставляется в специальный разъём реле времени, и прибор начинает работать.

3.2 Особенности устройства бройлерных клеток

Для более рационального использования земельного участка в последние годы широкое применение находит многоэтажное строительство птицеводческих зданий. В оборудовании птичников используются комплекты, куда включается аппаратура для программного управления световым режимом, работой кормораздатчиков, вентиляции. В

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-02069964-11.03.04-04-18	

птицеводческих хозяйствах применяют различные способы содержания кур: клеточное, напольное и комбинированное. Высокая экономическая эффективность отрасли обеспечивается за счет клеточного содержания кур.

В России технология выращивания бройлеров в клетках используется давно. Клеточное содержание является более интенсивным способом содержания бройлера, это позволяет в три-четыре раза увеличить эффективность использования помещений птичника; выдерживать санитарно-гигиенические требования на высоком уровне, позволяет получать больший суточный привес у бройлера. При клеточном содержании обеспечиваются минимальные затраты кормов, упрощается уход за птицей, облегчается контроль здоровья птицы: ее легко можно достать из клетки и осмотреть.

Обычно секции клетки небольшой площади имеют общий кормовой желоб. Число сажаемых в одну секцию голов невелико.

Для содержания бройлера промышленного стада наиболее распространены клеточные батареи в 3 яруса (рисунки 3.9, 3.10) [34]. Причем кормушки могут быть выносными (расположение за пределами клетки) (рисунок 3.11) и в виде круглого лотка внутри клетки (рисунок 3.12).

Размеры каждой клетки: длина 80 см, ширина (глубина) 60 см, высота 50 см.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



Рисунок 3.9 – Клетка трехъярусная

Размеры батареи:

- длина клеточной батареи 1,2 м;
- габаритная глубина клеточной батареи 0,6 м;
- высота клеточной батареи без подставки 1,5 м;
- высота клеточной батареи с подставкой 2,0 м.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

51

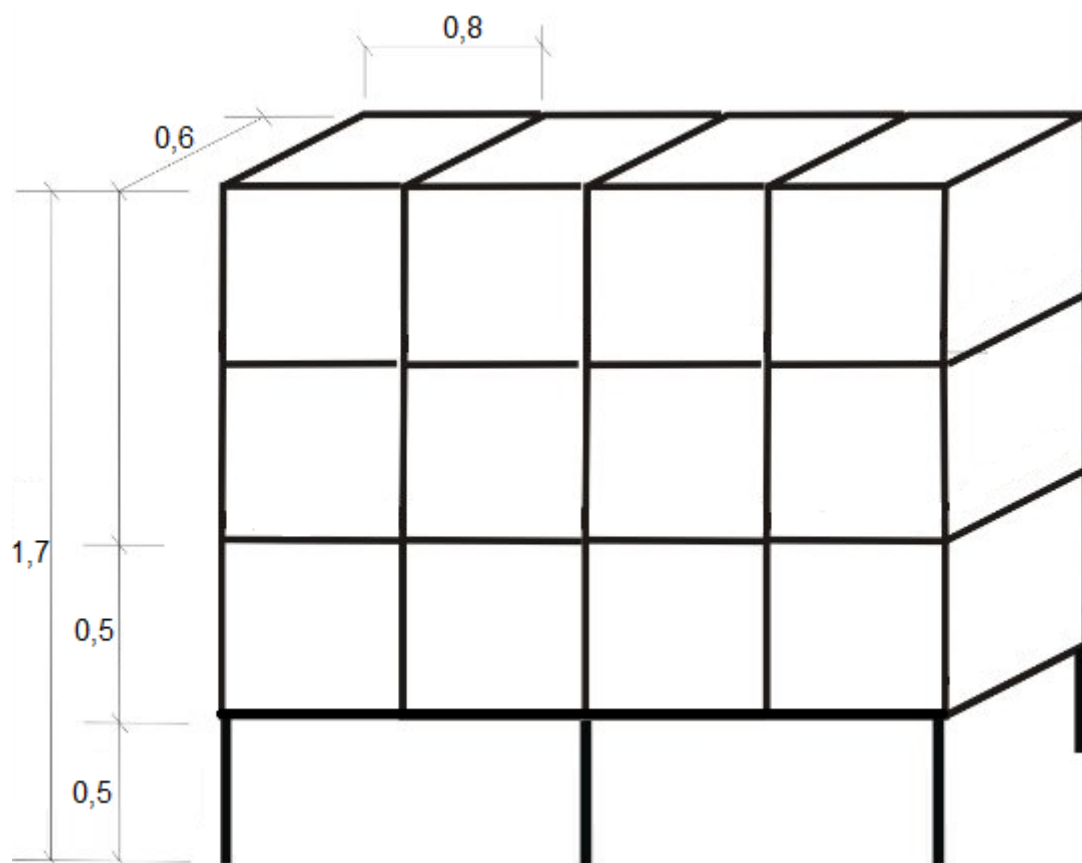


Рисунок 3.10 – Размеры клетки



Рисунок 3.11 – Расположение кормушек вне клеток

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

52



Рисунок 3.12 – Расположение кормушек внутри клеток

3.3 Техническое задание на LED-светильник

Сформулируем основные требования к проектируемому светильнику серии ДСП.

1 Назначение.

Светильник предназначен для клеточного содержания промышленного стада бройлера. ДСП: Д – светодиодный, С – подвесной, П – промышленный.

2 Размещение светильника.

Для клеточного содержания существует два положения светильника, которые обеспечиваются с помощью специальной системы подвески на основе лебедки:

- рабочее положение, когда светильники висят вертикально в проходах между клетками, и повернуты к ним (рисунок 3.13); светодиоды обеспечивают равномерное освещение всех ярусов клетки; схема расположения светильника показана на рисунке 3.14;

- сервисное положение, при котором посредством лебедки и системы тросов светильники поднимаются в горизонтальное положение. При этом

проходы освобождаются для проведения технологических работ и освещаются этими же светильниками.

3 Экологичность и безопасность.

Светильник должен соответствовать современным требованиям СНиП и СанПиН для помещений с животными и птицами. Необходимо полное отсутствие ртути и других вредных веществ.

4 Защита.

Светильник должен быть выполнен в пылевлагозащищенном корпусе, должен выдерживать попадание прямых струй воды, в том числе при мойке аппаратом высокого давления.



Рисунок 3.13 – Подвеска линий освещения

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

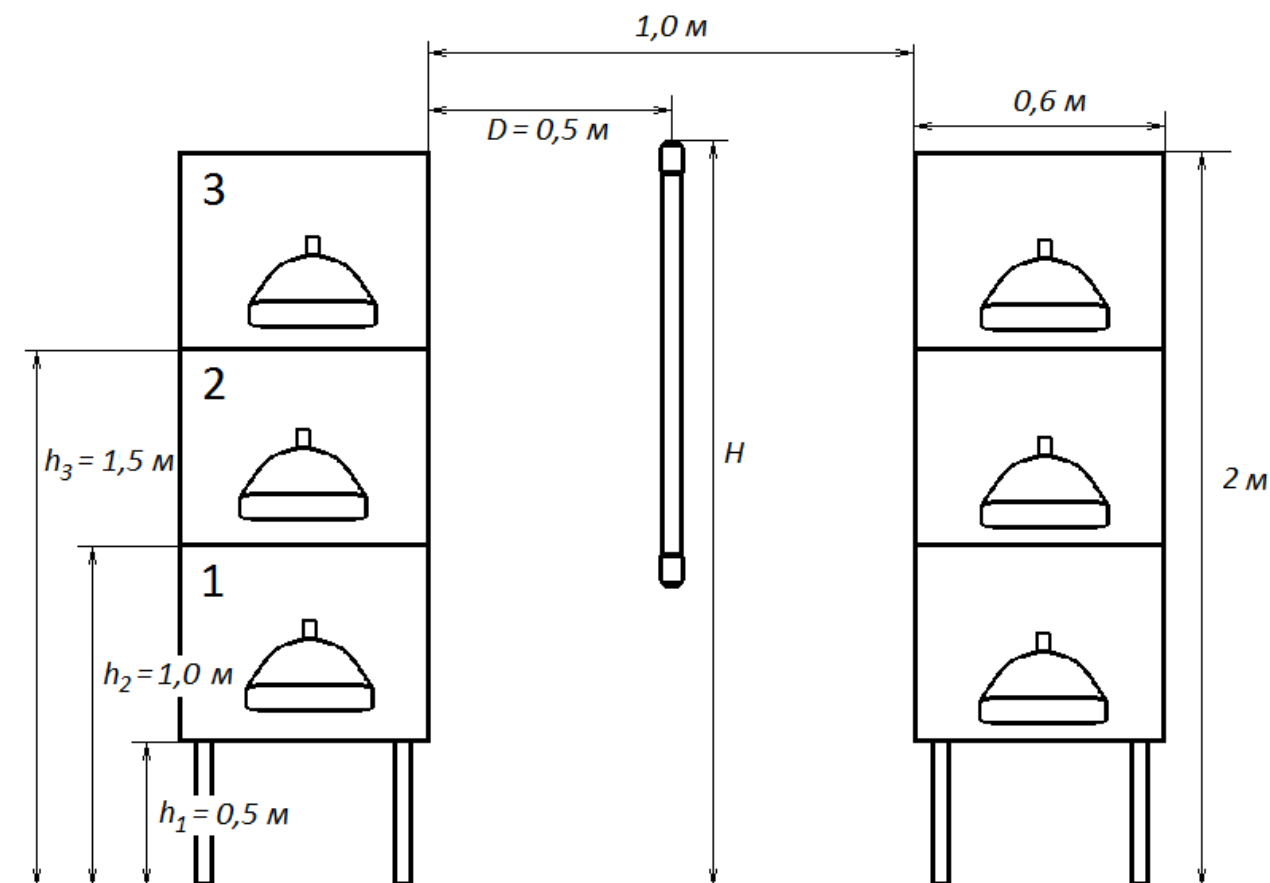


Рисунок 3.14 – Схема расположения светильника

4 Модификации светильника.

Допускаются модификации – односторонние или двухсторонние в поликарбонатной трубе.

5 Блок питания.

Блок питания должен состоять из следующих конструктивных блоков:

- выпрямитель;
- фильтр сетевых помех (ЕМС-фильтр);
- фильтр выходного напряжения;
- стабилизатор напряжения;
- блок защиты от короткого замыкания;
- блок защиты от перегрузки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

55

6 Элементы конструкции светильника.

Проектируемый светильник должен состоять из следующих элементов:

- светодиодная лента на плате;
- рассеиватель – поликарбонатная труба;
- источник питания;
- корпус;
- сальники с торцов светильника.

3.4 Обоснование конструкции светильника

Как было отмечено выше, значительное влияние на жизнеспособность, продуктивность бройлеров оказывает свет. Наиболее благоприятная продолжительность освещения 13-14 ч в сутки, что соответствует световому дню весной. Короткий 7-8-часовой зимний день отрицательно сказывается на развитии птицы: в темноте птица не поедает корм, следовательно, потребляет его за день меньше, чем необходимо для интенсивного роста.

Особенностью освещения при клеточном содержании бройлеров является обеспечить птице равномерного освещения внутри клетки.

На основании этого разработаны рекомендации по использованию световых режимов. Нормальный световой день в осенне-зимний период обеспечивают за счет дополнительного освещения. Главная задача освещения бройлерных клеток – осветить кормушки. Освещение таких клеток производится размещением светильников в проходах между батареями, при этом освещается кормовой желоб. При клеточном содержании птицы светильники подвешивают равномерно на расстоянии 30 см от верхнего края батареи в середине прохода через каждые 4 м. Оптимальный показатель для бройлера при напольном содержании – 25-40 лк, при клеточном – 40-50 лк [39].

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

– конструкция LED-светильника должна быть влагонепроницаема, чтобы корпусу и элементам ничего не угрожало от попадания струй воды, а также повышенной влажности внутри помещения;

– все элементы LED-светильника должны быть сделаны из ударопрочного пластика, чтобы избежать от необходимости монтировать провода в защитных коробах и устанавливать распределительные коробки;

– электрическая безопасность и степень защиты LED-светильников должна быть высокой.

В разрабатываемом светильнике (рисунок 3.15) светодиоды монтируются на специальную плату МСРСВ (Metal Core Printed Circuit Board), представляющую собой алюминиевую подложку, на которую с помощью тонкого слоя диэлектрика монтируются отдельные светодиоды и вспомогательные элементы.

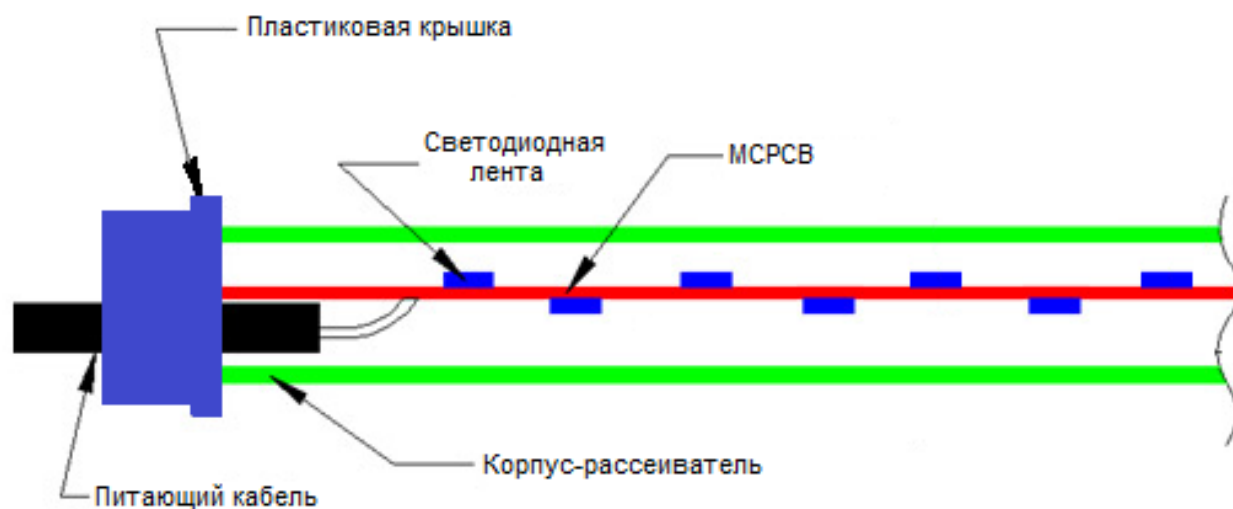


Рисунок 3.15 – Схема конструкции светильника

Плата МСРСВ расположена внутри пластиковой трубки. Для обеспечения герметичности с обеих сторон корпус закрывается пластиковой крышкой. Пластиковый корпус имеет непосредственный контакт с

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

58

герметичности PG7 (диаметр проводника 5-6мм), обеспечивая герметичность светильнику IP548. Сальник предназначен для ввода проводов и кабелей с целью защиты проводников от механических повреждений и защиты самой сборки от проникновения пыли и влаги в месте ввода. Сальник (рисунок 3.16) состоит из корпуса, уплотнителя, гайки уплотнения, прокладки, фиксирующей гайки. Уплотнитель и прокладка изготовлены из неопрена. Корпус, гайка уплотнения и фиксирующая гайка изготовлены из нейлона. Установка сальника производится при помощи трубного (газового) ключа. Диапазон рабочих температур - от -40 до 80 °С.



Рисунок 3.16 – Сальник PG7

3.6 Светодиодные источники света

Светодиодный источник света состоит из полупроводниковых тепловыделяющих элементов с нелинейными температурными свойствами. Надежность и выходные характеристики светодиодных светильников тесно связаны с температурой светоизлучающих кристаллов входящих в них светодиодов. От соблюдения теплового режима работы светодиодов зависят как минимум два основных параметра:

- световой поток светильника;
- деградация светодиодов во времени.

При проектировании светодиодного источника света учитываются:

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-02069964-11.03.04-04-18					

- обеспечение требуемого значения светового потока;
- допустимое уменьшение цены светильника;
- уменьшение весогабаритных характеристик светильника.

Поскольку световой поток, излучаемый светодиодом, зависит от протекающего тока (рисунок 3.17), вопрос построения теплоотвода с оптимальными весогабаритными характеристиками для тепловыделяющих элементов основывается на выборе оптимального диапазона потребляемого тока светодиодами при обеспечении рабочего режима теплоотведения радиатором.

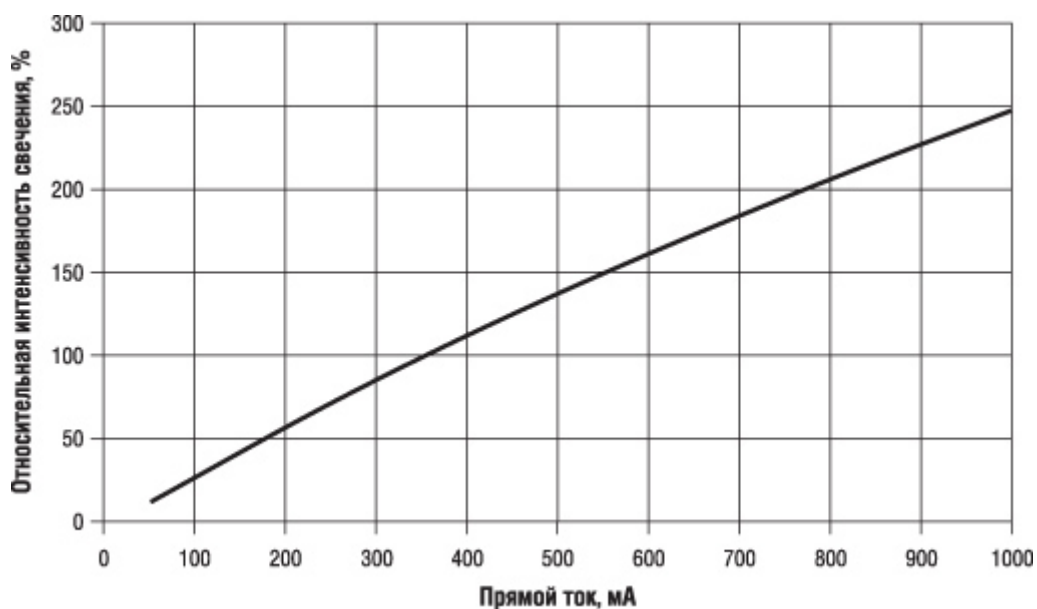


Рисунок 3.17 – Зависимость интенсивности свечения от величины прямого тока для светодиодов

Количество светодиодов, требуемое для обеспечения заданного светового потока, зависит от потребляемого тока. Так, при уменьшении потребляемого тока светодиодным источником света для обеспечения световых требований необходимо увеличивать количество светодиодов.

Количество светодиодов, необходимых для обеспечения требуемого светового потока, нелинейно зависит от тока светодиодов. Увеличение

количества светодиодов приводит, в свою очередь, к удорожанию стоимости самого светодиодного светильника. Экономическая эффективность построения таких светодиодных светильников значительно снижается.

Деградация светодиода представляет собой изменение первичных химических и физических свойств светоизлучающего кристалла, а для светодиодов белого спектра излучения и люминофора, с течением времени. Деградация проявляется в уменьшении светового потока, вплоть до полной потери светимости светодиода, а так же смещения спектра света светодиода, как правило, в область синего. Это явление присуще любому светодиоду в любых условиях, но неправильная эксплуатация приводит к увеличению скорости деградации в десятки раз. Одной из основных причин ускоренной деградации являются несоблюдение теплового режима работы светодиода. При повышении температуры активной области светодиода на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ световой поток снижается примерно на 2,5% (рисунок 3.18).

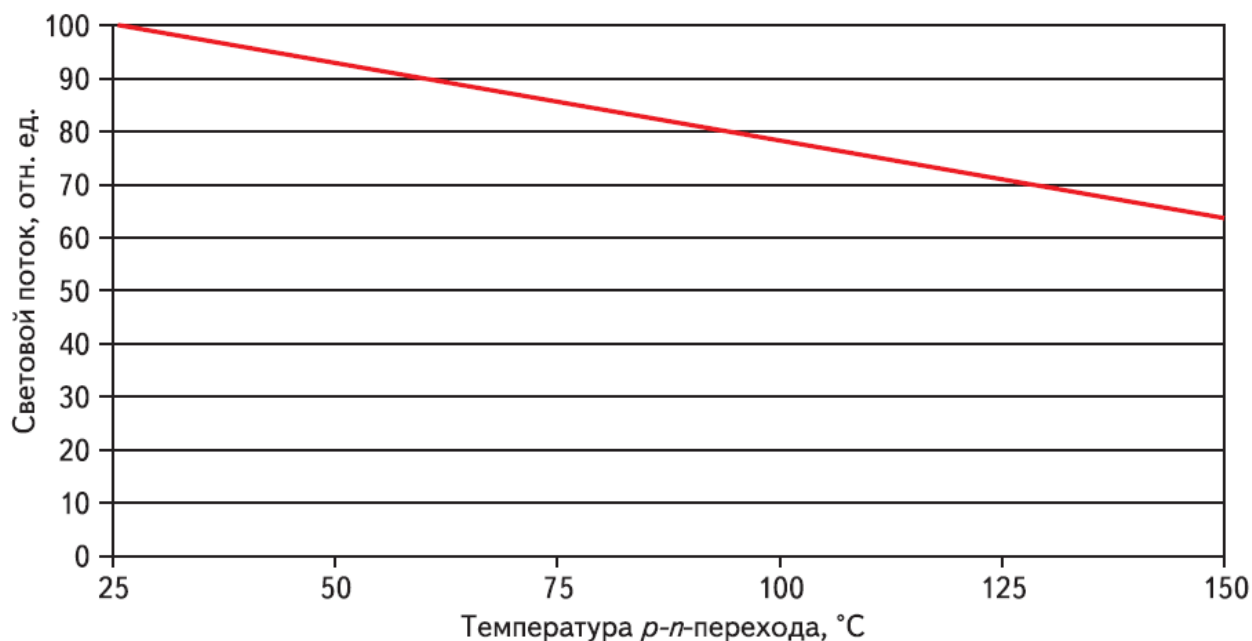


Рисунок 3.18 – Зависимость светового потока от температуры активной области

Таким образом, как правило, снижение светового потока светильника наблюдается не сразу в начале эксплуатации светодиодных светильников, а лишь через некоторое время, которое напрямую зависит от правильно спроектированного теплоотвода, в качестве которого может использоваться алюминиевый корпус самого светильника. В результате можно говорить о скорости деградации, которая в случае правильной эксплуатации и соблюдении теплового режима на кристалле позволяет достичь времени использования светодиода до 50000 и 100000 часов при снижении светового потока на заранее прогнозируемую величину, учитываемую при разработке и производстве светильников.

На основании этого можно сделать вывод о том, что отвод тепла от кристалла светодиода является одним из основных требований при проектировании и производстве светодиодных светильников.

В качестве номинальной рабочей температуры подложки светодиода выберем $+55^{\circ}\text{C}$, что является возможным реально достижимым значением при температуре окружающей среды до $+45^{\circ}\text{C}$ (например, корпуса для выращивания бройлеров при расположении светильников под потолком). Падение светового потока по отношению к контрольному уровню при $+55^{\circ}\text{C}$ может составлять до 20-25%, что является негативным фактором и снижает эффективность использования светодиода.

С учетом вышесказанного выбираем открытую гибкую сверхъяркую светодиодную ленту SMD 5050 IP67 на самоклеящейся основе 3М на белом основании с характеристиками (рисунок 3.19) [37]:

- цветовая температура 4500-5000К;
- световой поток 960 лм/м;
- угол 120 градусов;
- степень защиты IP67;
- срок службы 50000 часов;

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

плату МСРСВ NEO-L-2x5XPMX (рисунок 3.21), которая состоит из металлической основы, в качестве которой используется лист из алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм, слоя диэлектрика, обладающего повышенной, по сравнению с обычными материалами, теплопроводностью, и медной фольги.

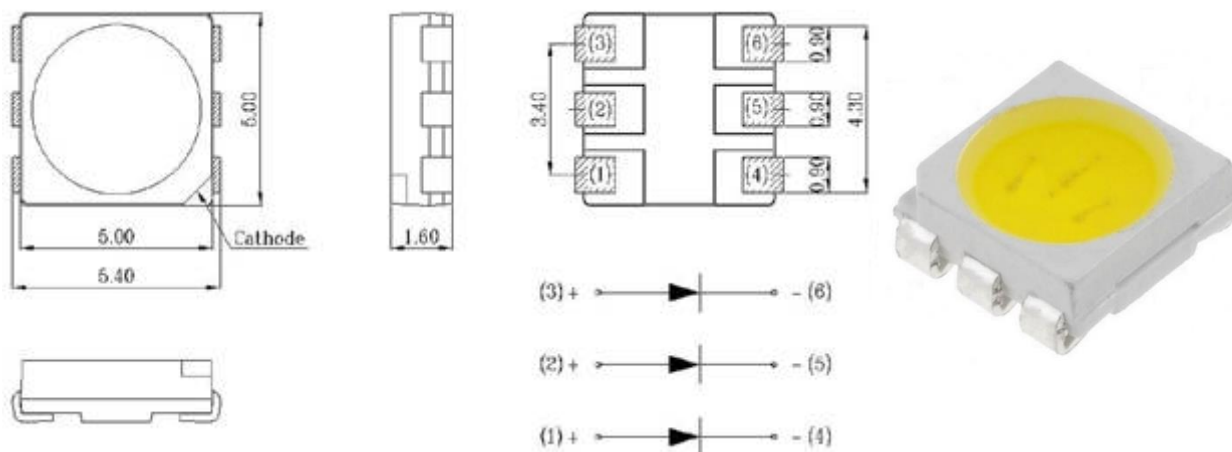


Рисунок 3.20 – Светодиод 5050

Теплопроводность диэлектрического слоя $0,5 \div 5$ Вт/м·К, благодаря небольшой толщине диэлектрического слоя (как правило от 50 до 200 мкм) такие платы обладают низким тепловым сопротивлением. Типичные значения теплового сопротивления между светодиодом и основой платы составляют от десятых до единиц ватт на кельвин.

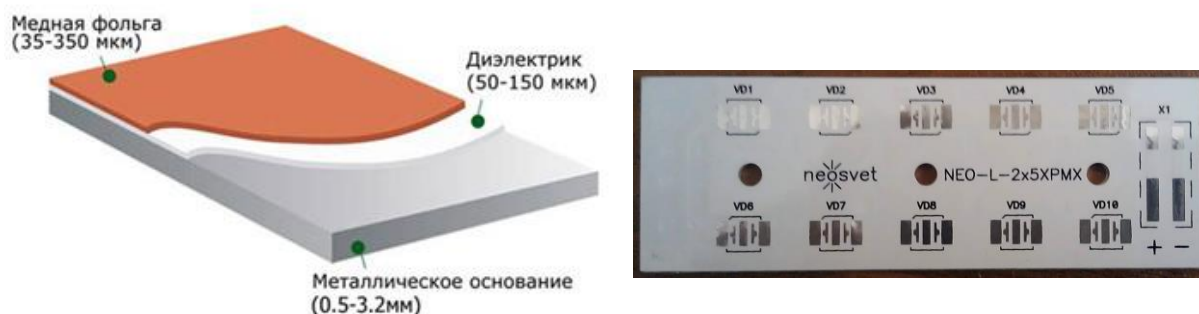


Рисунок 3.21 – Плата МСРСВ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

65

Технология изготовления МСРСВ, а также требования к минимальным размерам и допускам практически полностью аналогичны обычным печатным платам. Для улучшения фотометрических характеристик на плату может быть нанесена маска белого цвета с улучшенным коэффициентом отражения, устойчивая к тепловым воздействиям. Она не желтеет в процессе пайки компонентов в туннельной печи.

Светодиод SMD 5050 имеет состав корпуса, показанный на рисунке 3.22. На рисунках 3.23-3.28 приведены светотехнические, теплотехнические и электрические характеристики светодиода SMD 5050.



Рисунок 3.22 – Корпус светодиода 5050

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

66

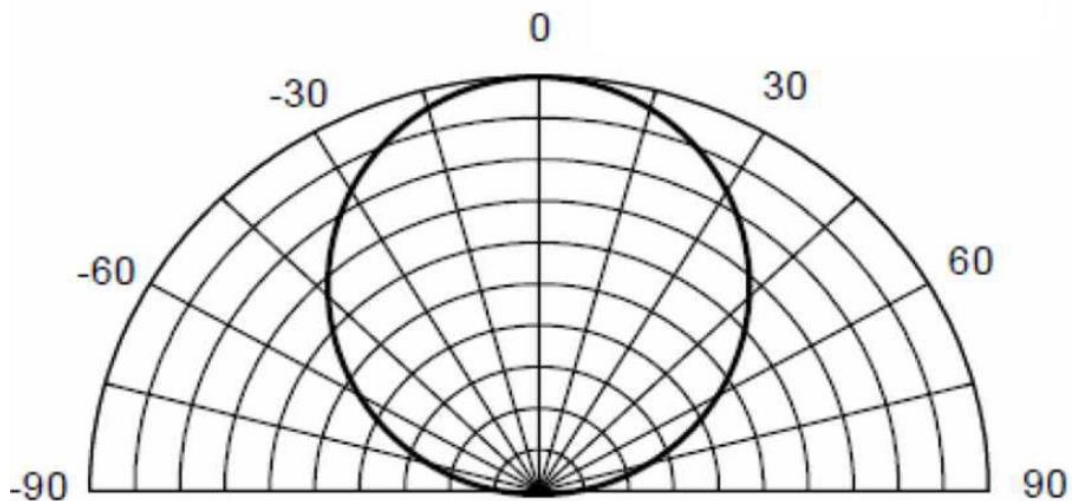


Рисунок 3.23 – Типовая полярная диаграмма направленности излучения

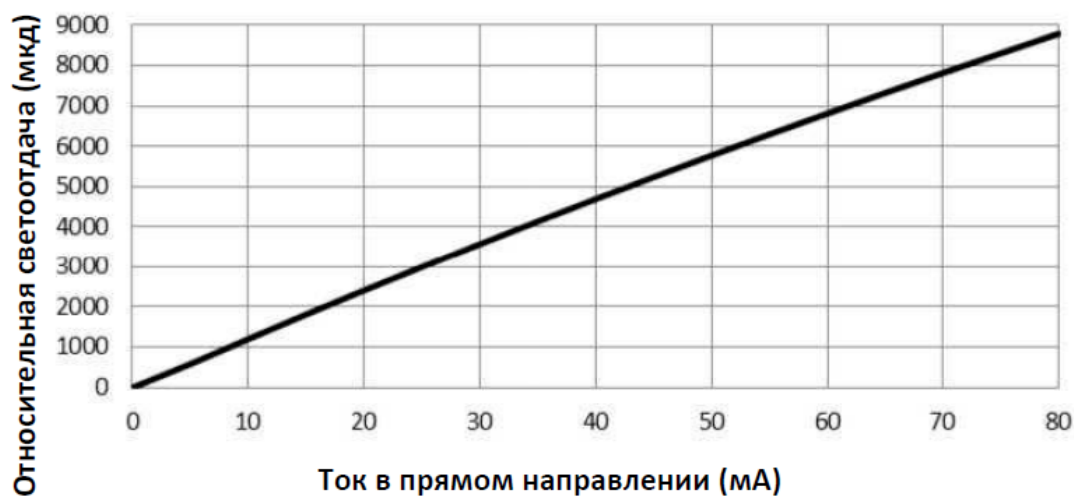


Рисунок 3.24 – Зависимость силы света от прямого тока

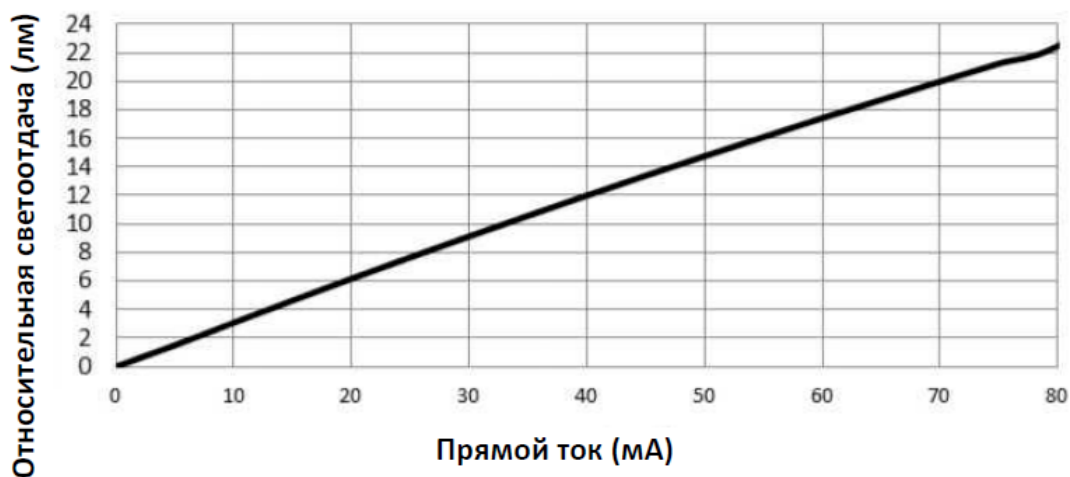


Рисунок 3.25 – Зависимость светового потока от прямого тока

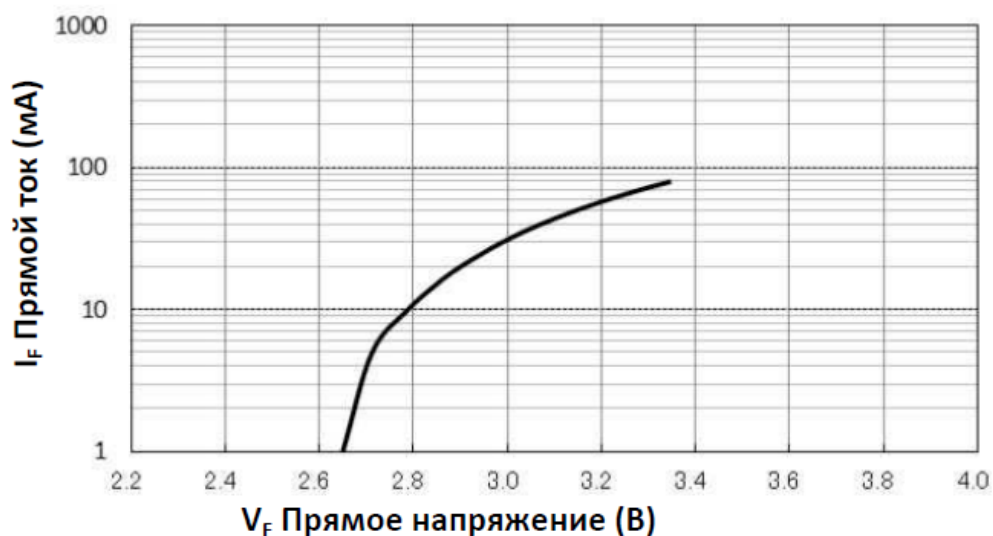


Рисунок 3.26 – Зависимость прямого тока от прямого напряжения



Рисунок 3.27 – Зависимость прямого тока от температуры окружающего воздуха

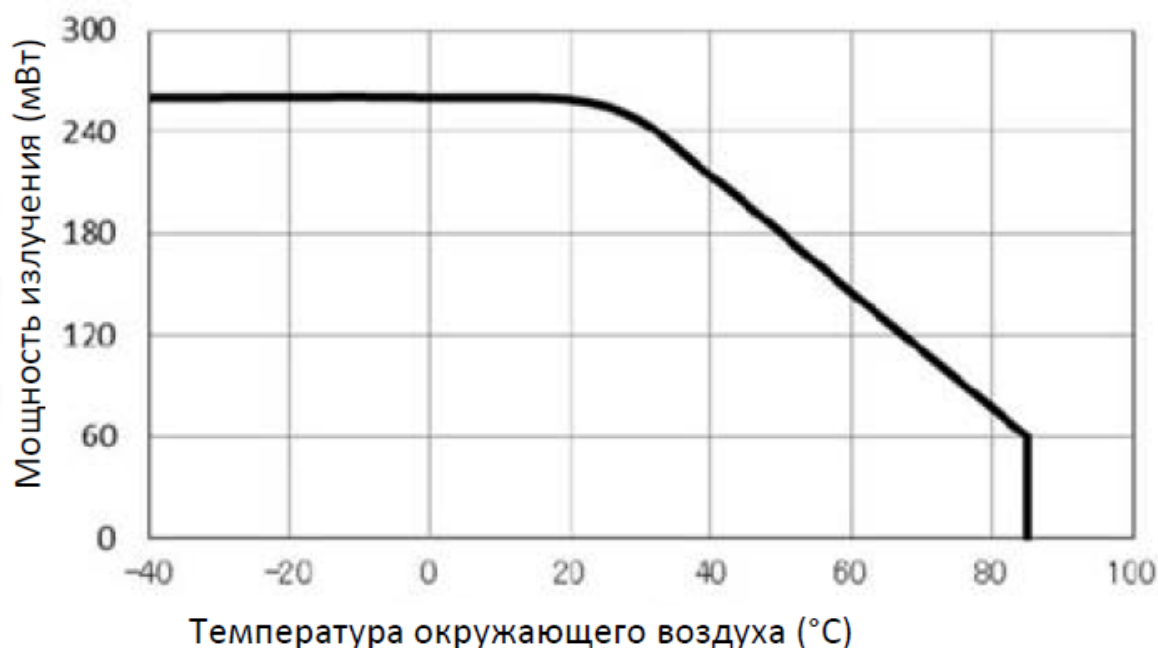


Рисунок 3.28 – Зависимость мощности излучения от температуры окружающего воздуха

3.7 Источник питания

Система, обеспечивающая светодиодное освещение в птичнике - это не единственный светильник, а целый комплекс оборудования, включающий в себя до нескольких сотен светодиодных ламп, приборы управления режимами, источники питания, километры кабельной продукции и множество промежуточных соединений. Надежность системы освещения для птичника будет определяться наиболее слабым звеном. Если рассматривать светодиодное освещение в целом, то, зачастую, слабое звено - это источник питания, имеющий в своем составе электролитические конденсаторы.

Светодиоды являются низковольтными потребителями энергии и даже при последовательном их соединении напряжение питания, как правило, не превышает 24 В. Поэтому приходится применять преобразователи переменного напряжения 220 В в постоянное, которые содержат электролитические конденсаторы, работающие при повышенных пульсациях.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

69

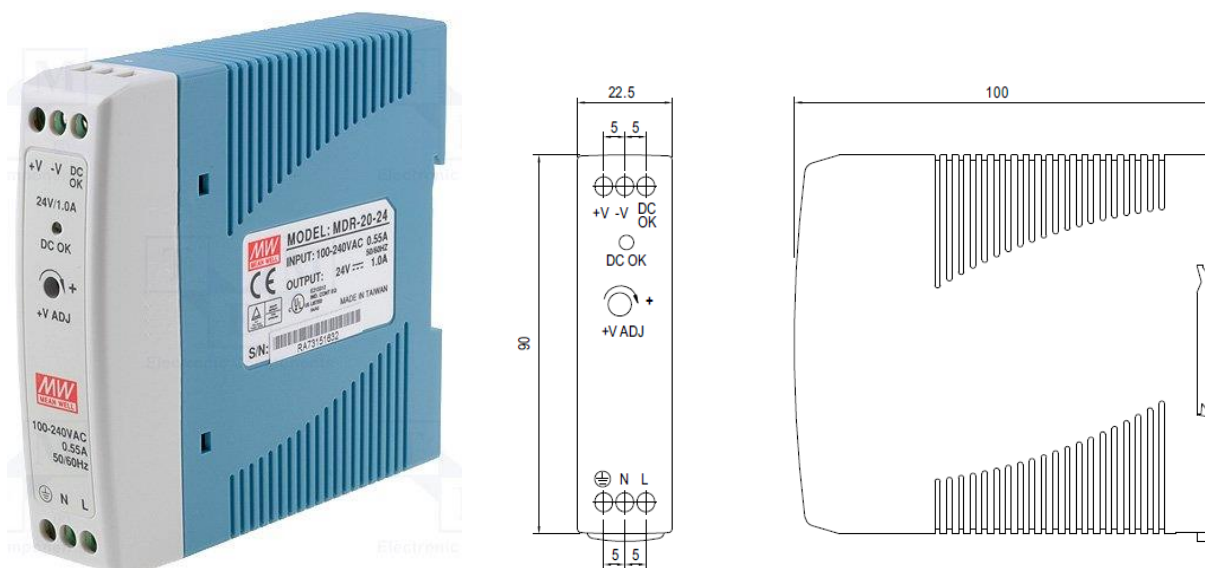


Рисунок 3.29 – Блок питания MDR-20-24 Mean Well

3.8 Экспериментальное исследование характеристик светодиодного светильника

Для спроектированного светильника ДСП 108 было осуществлено измерение и исследование кривой силы света (КСС), светового потока и температурного режима. Экспериментальные исследования проводились на базе светотехнического факультета МГУ имени Н. П. Огарева в ЦКП «Светотехническая метрология». Для этого использовались следующие приборы и оборудование:

- тепловизор Testo 881 (рисунок 3.30, а);
- люксметр ТКА-ПКМ (рисунок 3.31, б);
- гониофотометр GO-2000А (рисунок 3.32);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

72

а – тепловизор Testo 881; б – люксметр ТКА-ПКМ



Рисунок 3.31 – Измерительные приборы



Рисунок 3.32 – Гониофотометр GO-2000А с исследуемым светильником

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

73

После настроек параметров гониофотометра GO-2000A (рисунок 3.33) и выхода светильника в установившийся режим (рисунок 3.34) были проведены измерения, в результате чего получены следующие характеристики светильника (рисунки 3.35-3.41).

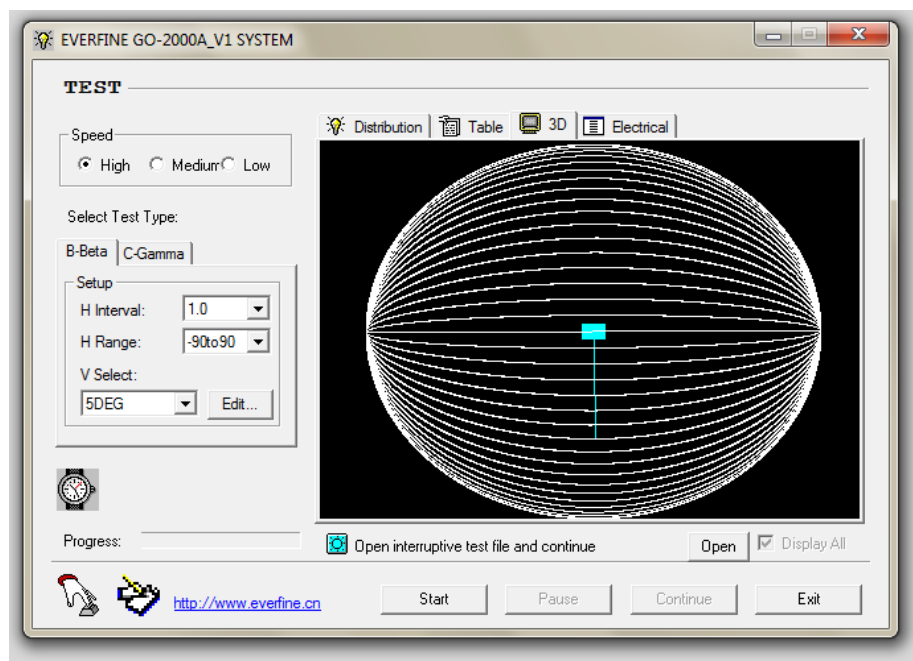


Рисунок 3.33 – Настройка режима измерений

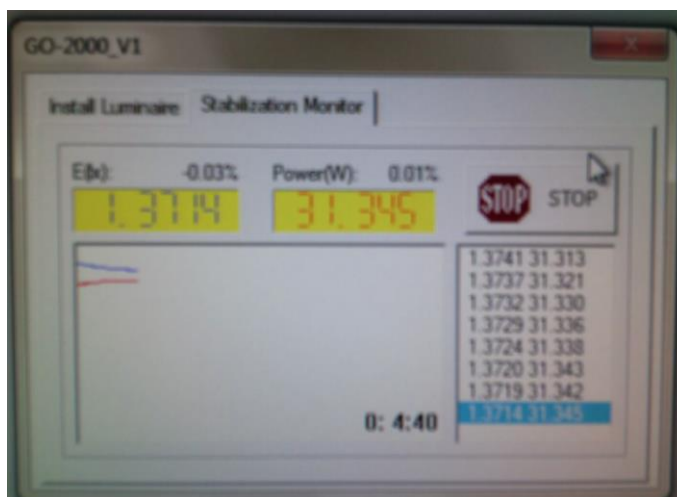


Рисунок 3.34 – Стабилизация параметров светильника

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

74

DATA OF LAMP		PHOTOMETRIC DATA Eff: 49.00 lm/W			
MODEL		I _{max} (cd)	269.8	S/MH (C0/180)	1.25
NOMINAL POWER (W)	32	LOR (%)	103.1	S/MH (C90/270)	1.41
RATED VOLTAGE (V)	220	TOTAL FLUX (lm)	1556.9	η UP, DN (C0-180)	23.8, 27.4
NOMINAL FLUX (lm)	1510.62	CIE CLASS	DIFFUSE	η UP, DN (C180-360)	27.2, 24.7
LAMPS INSIDE	1	η up (%)	50.9	CIBSE SHR NOM	1.25
TEST VOLTAGE (V)	220.6	η down (%)	52.1	CIBSE SHR MAX	1.35

Рисунок 3.35 – Электрические и световые характеристики светильника

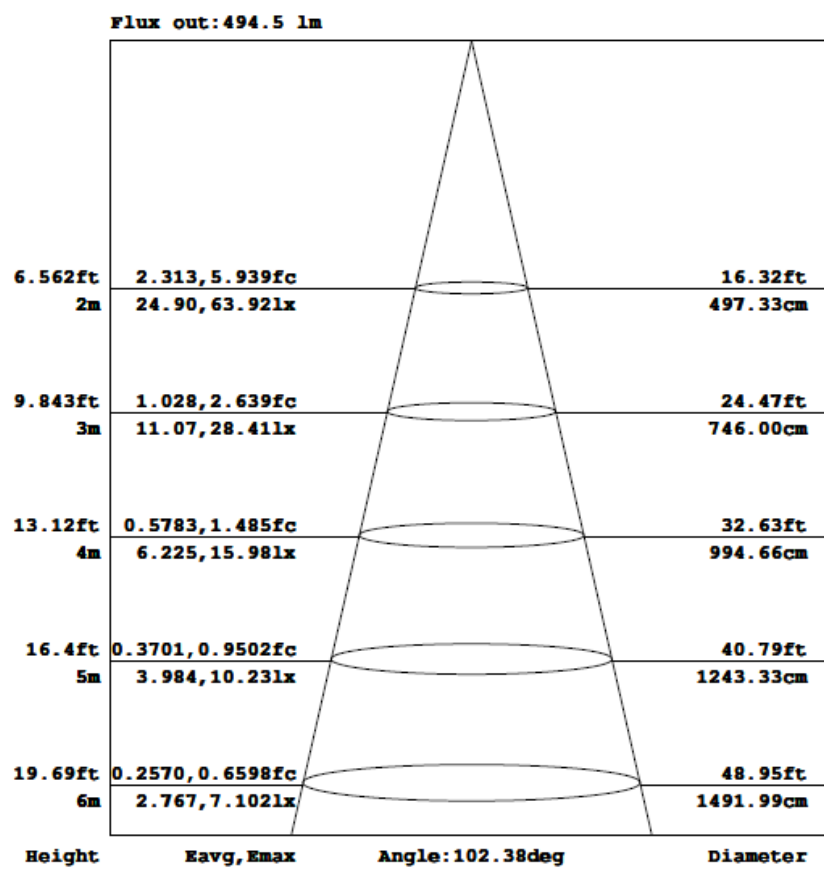


Рисунок 3.36 – Средние значения освещенности на разных расстояниях от светильника

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

75

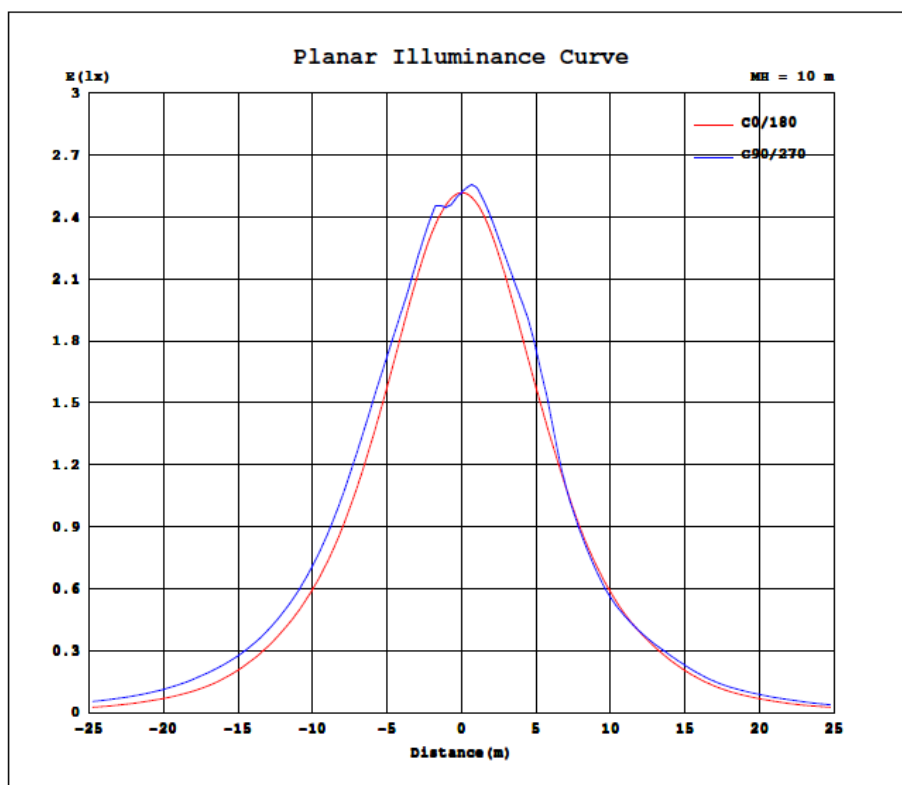


Рисунок 3.37 – Графики зависимости освещенности от расстояния

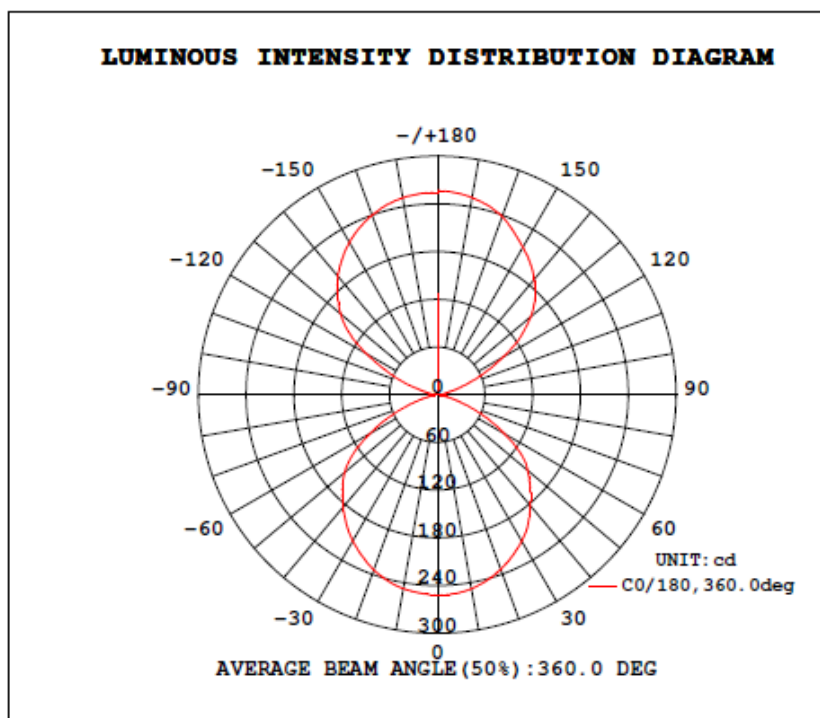


Рисунок 3.38 – КСС в меридиональной плоскости

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

76

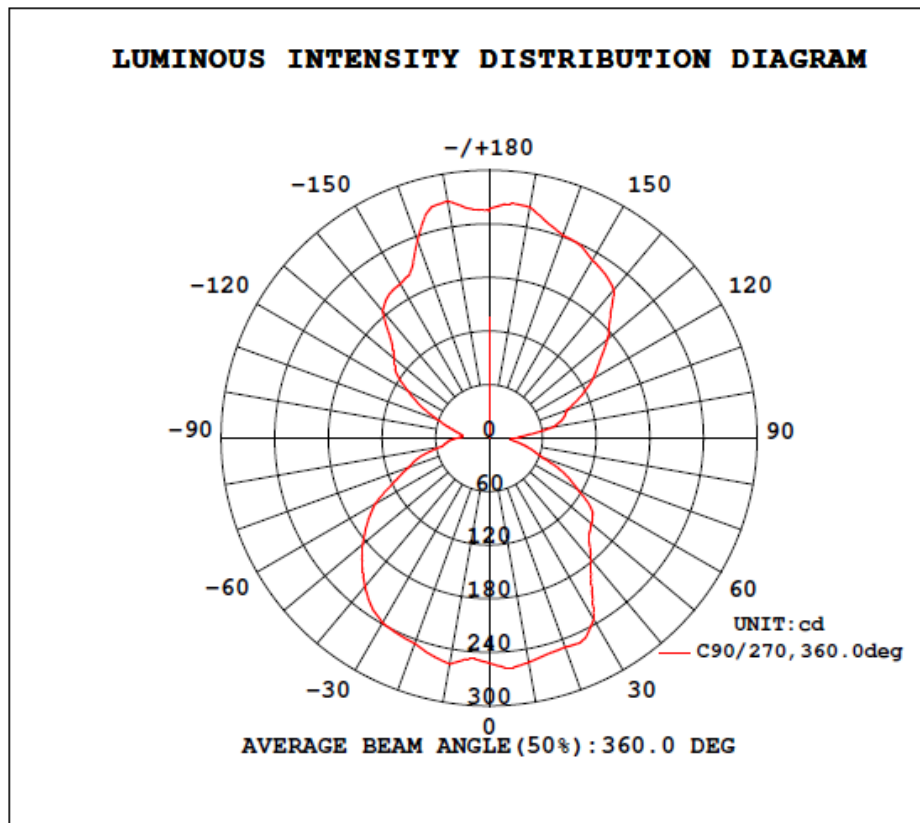


Рисунок 3.39 – КСС в экваториальной плоскости

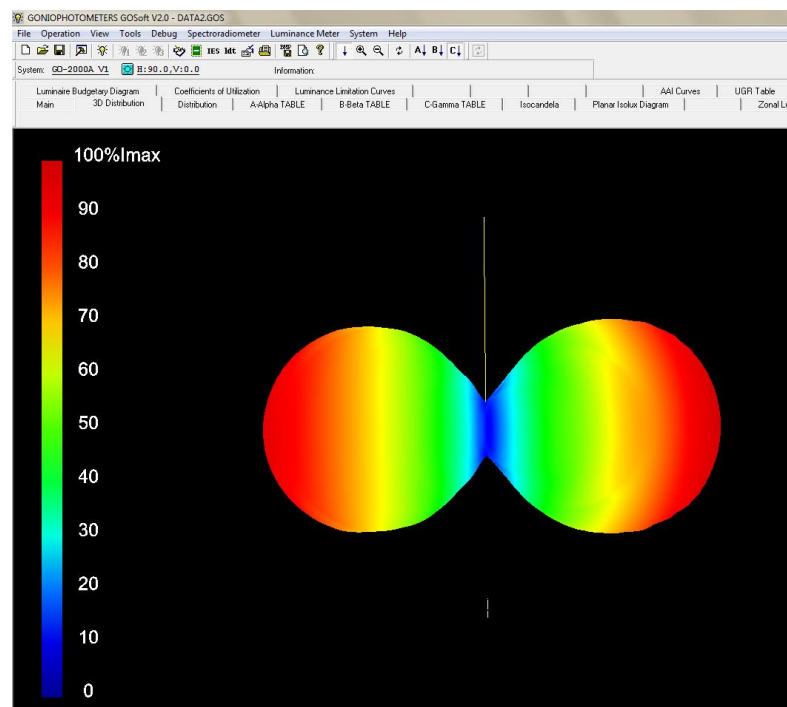


Рисунок 3.40 – Фотометрическое тело в меридиональной плоскости

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

77

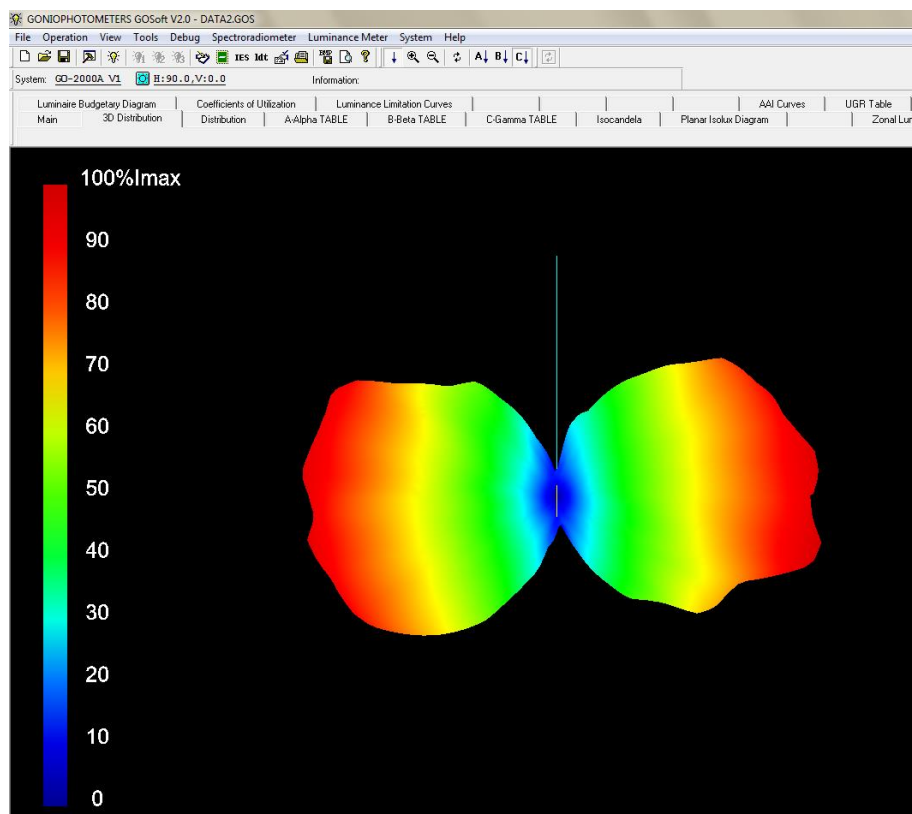


Рисунок 3.41 – Фотометрическое тело в экваториальной плоскости

Электрические и световые характеристики светильника:

- световой поток 1557 лм;
- световая отдача 49 лм/Вт;
- мощность 32 Вт;
- максимальная сила света 270 кд.

Результаты измерений температурного режима светильника приведены на рисунках 3.42-3.43.

Также были проведены замеры освещенности на кормушках от светильника с различной ориентацией светодиодов, результаты которых приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Освещенности на кормушках

H, м	Освещенность при ориентации светодиодов, лк		
	на кормушку	под углом 45°	вдоль прохода
0,0	0	0	0
0,25	24	18	7
0,5	69	34	15
0,75	98	52	30
1,0	121	56	33
1,25	95	51	27
1,5	47	26	15
1,75	21	12	9
2,0	12	7	5

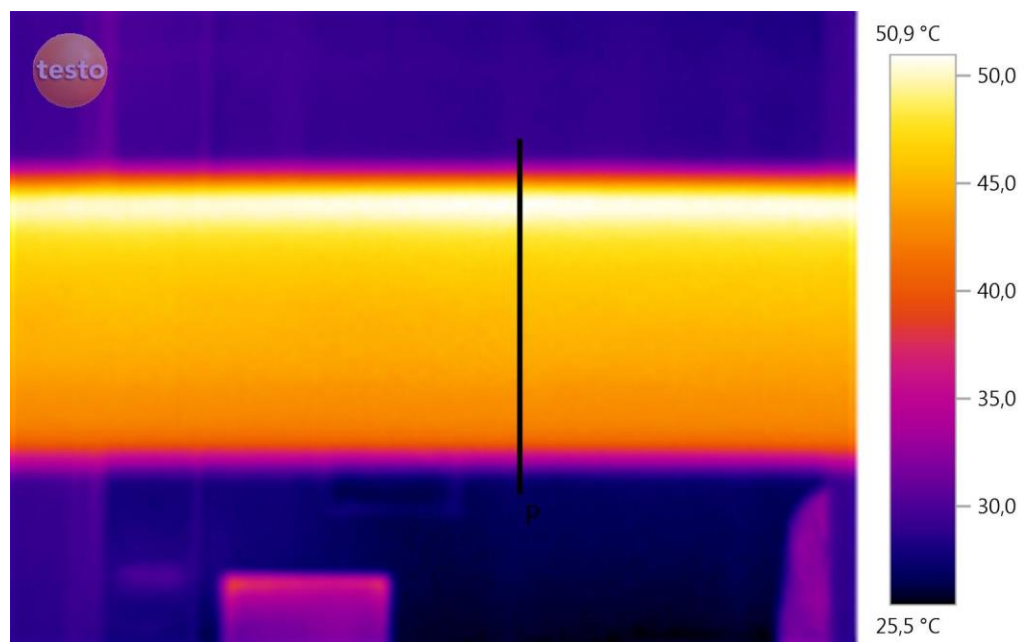
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

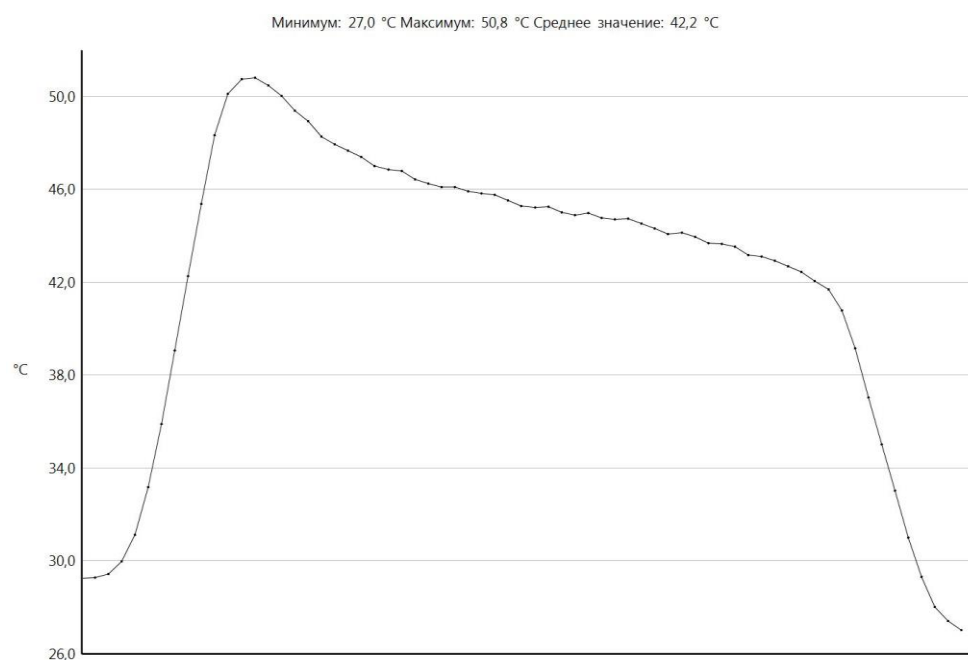
Лист

79

а – ИК изображение; б – профильная температурная кривая



а



б

Рисунок 3.42 – Температурный режим светильника ДСП 108 в направлении наблюдения перпендикулярно плоскости светодиодной ленты

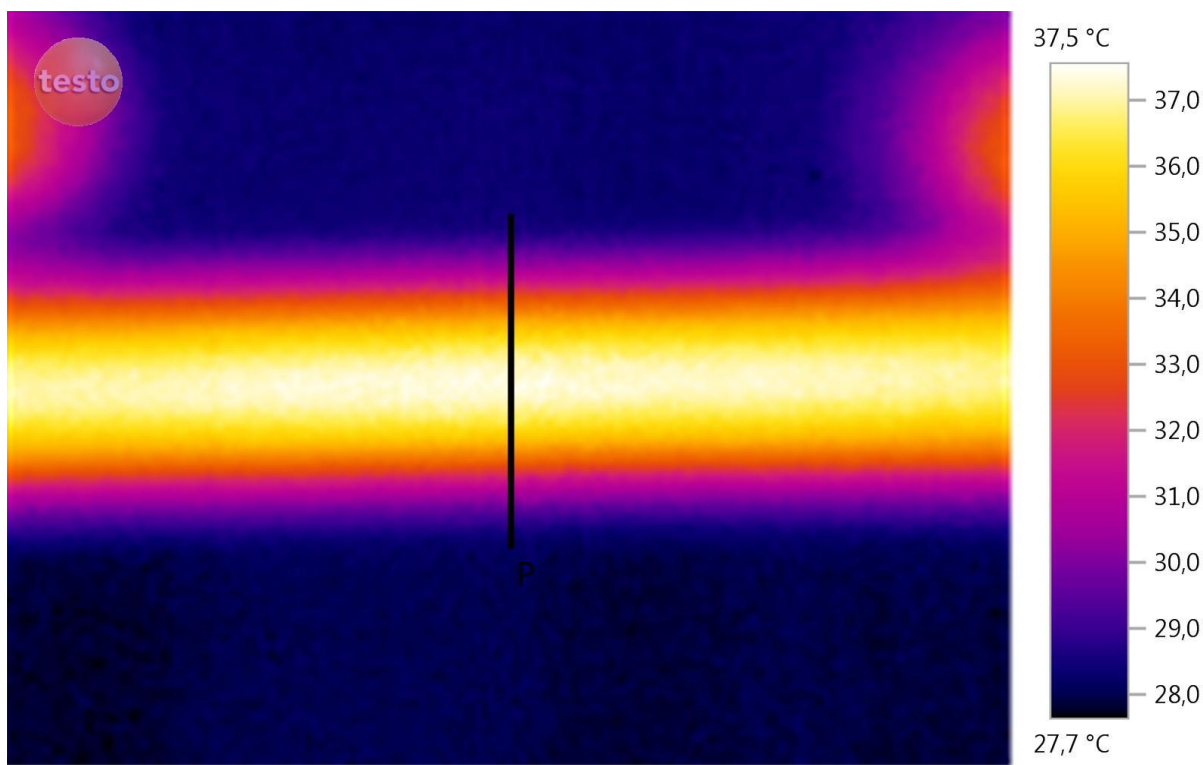
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

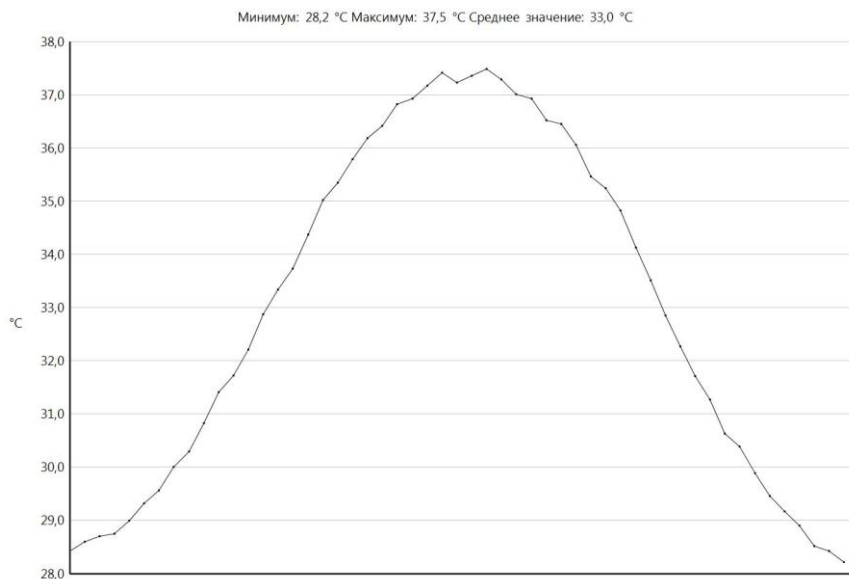
Лист

80

а – ИК изображение; б – профильная температурная кривая



а



б

Рисунок 3.43 – Температурный режим светильника ДСП 108 в направлении наблюдения параллельно плоскости светодиодной ленты:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

81

3.9 Определение положения светильника в пространстве

На основе экваториальной КСС светильника (рисунок 3.39) определим такой угол его поворота вокруг вертикальной оси OZ, чтобы он обеспечивал наиболее равномерную освещенность по всем близлежащим кормушкам. Эта КСС должна стремиться к форме, описываемой следующим аналитическим выражением

$$I(\alpha) = \frac{E \cdot h^2}{\cos^3 \alpha}, \quad (3.1)$$

где E – требуемая освещенность на этой прямой,

h – расстояние от светильника до кормушки.

На рисунке 3.44 представлена форма этой КСС, совмещенная с измеренной реальной КСС разработанного светильника, где наибольшее совпадение обеспечивается при его расположении с ориентацией светодиодов в направлении прохода.

Для определения высоты подвеса светильника относительно освещаемых объектов (клеток и кормушек) провели измерения освещенности на разных высотах по отношению к светильнику под углами 90° и 45° к клеткам (рисунок 3.45). На рисунке 3.46 представлены графики зависимостей освещенности от высоты измерения относительно точки подвеса светильника для двух направлений.

Чтобы обеспечить приблизительное равенство освещенности на кормушках всех ярусов, кормушки должны быть удалены по вертикали от точки подвеса на расстояния 0,5 м, 1,0 м и 1,5 м соответственно. При этом на средней кормушке при любой вариации высоты подвеса светильника освещенность будет несколько выше, чем на двух других.

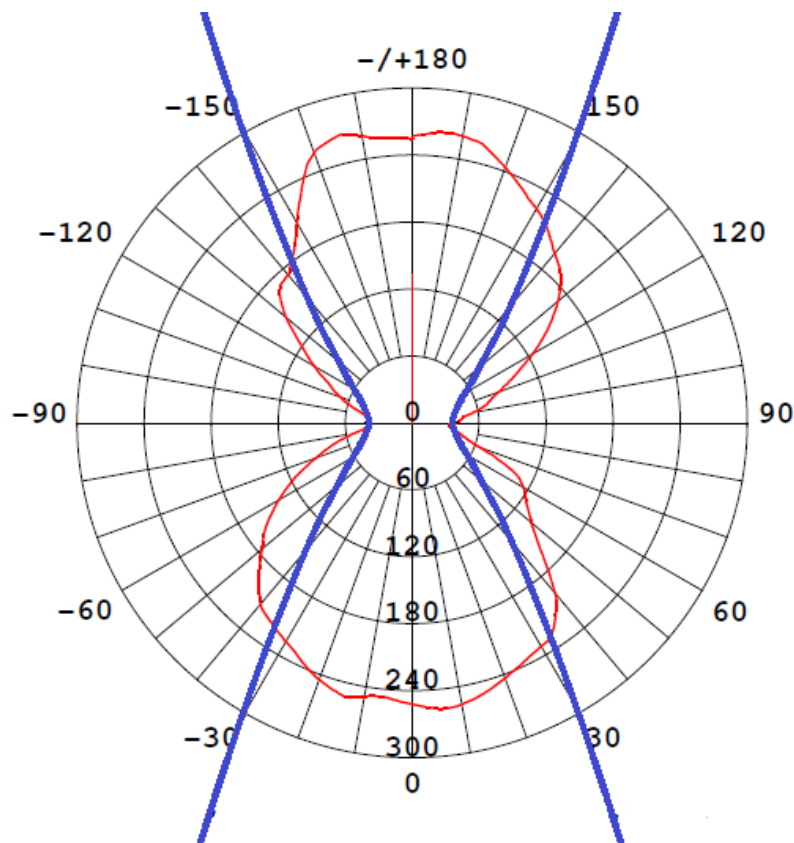


Рисунок 3.44 – Совмещение графиков требуемой и реальной экваториальных КСС

Поскольку высота расположения нижней кормушки составляет 0,5 м, средней – 1,0 м, а верхней – 1,5 м, то высота подвеса светильника будет 2 м.

Из совмещения графиков требуемой и реальной экваториальных КСС (рисунок 3.46) видно, что светильник обеспечивает нужную освещенность только в диапазоне от 30° до 150°. В остальных направлениях нужная освещенность должна быть обеспечена другими расположенными в ряд такими же светильниками.

Расстояние между светильниками определяем по формуле

$$S = 2D / \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.2)$$

где D – расстояние от светильника до клетки, м;

α – полезный угол светильника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

83

Тогда $S = 1,8 \text{ м}$.

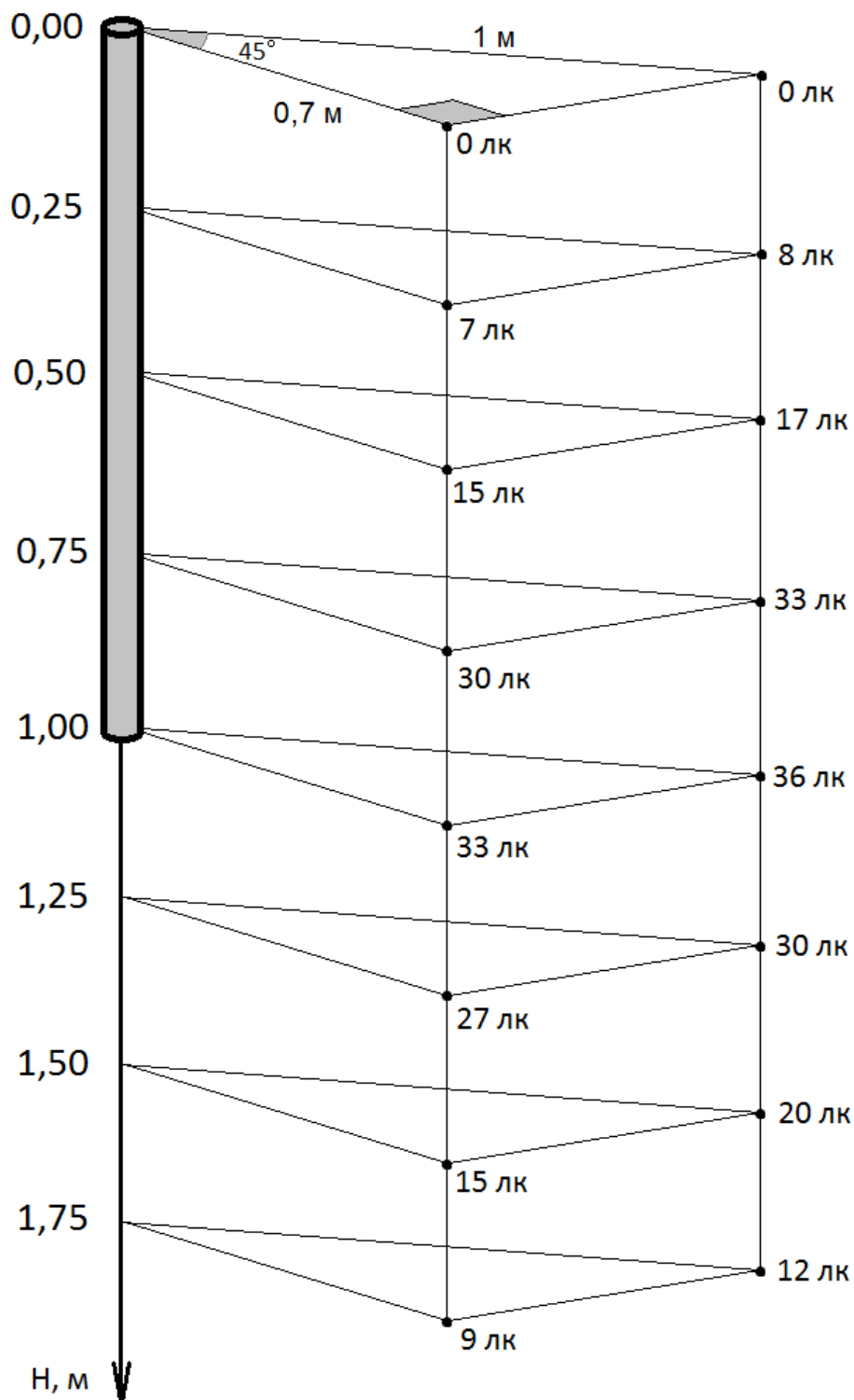


Рисунок 3.45 – Измеренные значения освещенности в районе кормушек для двух направлений относительно светильника

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

84

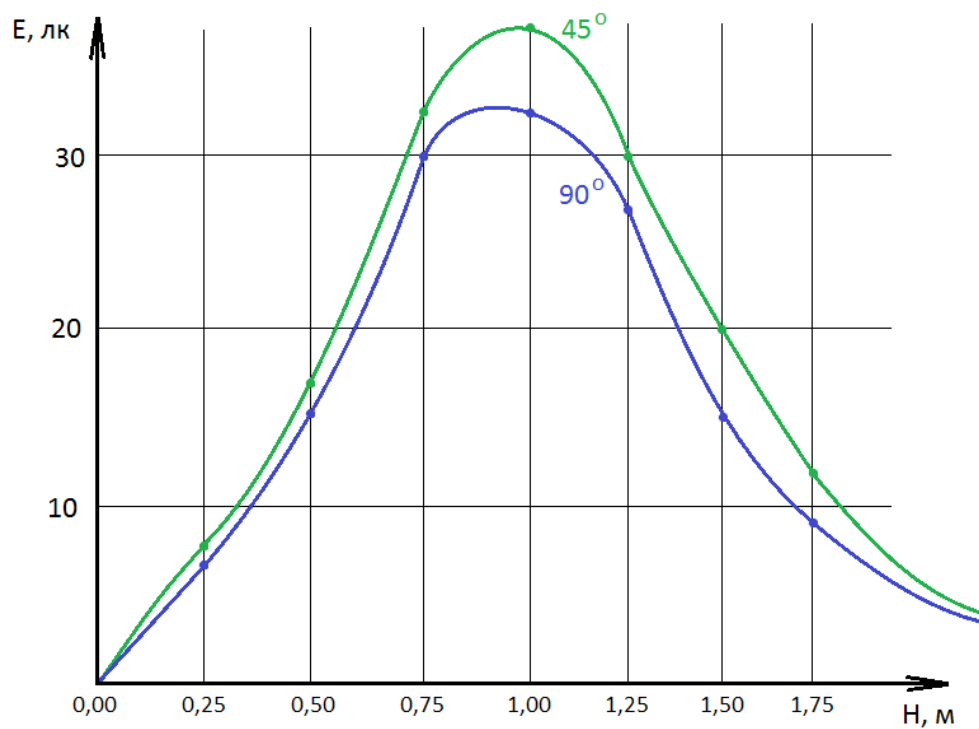


Рисунок 3.46 – Графики зависимостей освещенности от высоты измерения относительно точки подвеса светильника для двух направлений

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-11.03.04-04-18

Лист

85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время светодиодное освещение активно применяется в сельском хозяйстве России, позволяя эффективно снижать затраты на электроэнергию, более эффективно использовать энергетический ресурс предприятий и повышать за счет этого рентабельность производства, в том числе и за счет увеличенного срока службы. Использование пониженного напряжения в цепях питания светодиодных светильников позволяет повысить электро- и пожаробезопасность помещений, что актуально для специфических условий эксплуатации в сельском хозяйстве. Особенности светодиодных светильников и систем освещения на их основе позволяют применять технологии выращивания и содержания птицы и животных, которые обеспечивают существенное повышение производственных показателей, как в птицеводстве, так и в других областях сельского хозяйства.

В дипломном проекте осуществлен обзор имеющейся технической литературы по светодиодам и светодиодным световым приборам, изучены особенности светодиодных световых приборов для птицеводства, исследованы режимы и принципы организации освещения и их влияние на производительность бройлеров.

В результате проведенной работы спроектирован светодиодный светильник для клеточного содержания промышленного стада птицы. Для этого разработано техническое задание на светильник и обоснована его конструкция, выбраны комплектующие изделия и материалы.

Также проведено экспериментальное исследование светотехнических характеристик и теплового режима спроектированного светильника с применением современного измерительного оборудования. Были изучены правила безопасности при эксплуатации световых приборов.

Результатом дипломного проектирования стал светодиодный светильник ДСП 108 для клеточного содержания промышленного стада птицы.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

37 Циссис Ж., Айзенберг Ю. Б., Шевченко А. С. Формирование светотехнического рынка России для повышения эффективности освещения // Светотехника. – 2009. №6. – С. 42-48.

38 Bayer MaterialScience [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bayer.ru/> – Загл. с экрана.

39 Manser C. E. Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: a review / C. E. Manser // Animal Welfare. – 1996. – Vol. 5. – P. 341-360.

40 Orion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orion.co.at/> – Загл. с экрана.

41 Sherwin C.M. Domestic turkeys are not averse to compact fluorescent lighting / C. M. Sherwin // Appl. Anim. Behav. Sci. – 1999. – Vol. 64. –P. 47-55.

					БР-02069964-11.03.04-04-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

ОТЗЫВ

о бакалаврской работе

студента Голованова Николая Владимировича,
обучающегося по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника
на тему «Разработка и исследование светодиодного светильника для
энергоэффективного освещения в птицеводстве»

Правильный выбор и размещение светильников для освещения в птицеводстве позволяет оптимизировать затраты на установку и эксплуатацию светотехнического оборудования, а также способствует повышению производительности труда работников предприятия и способствует предотвращению аварийных ситуаций. Исследования характеристик таких светильников, проработка вариантов их конструктивного исполнения являются первоочередной задачей при проектировании световых приборов. Поэтому тема дипломного проекта, посвященного разработке светодиодного светильника для энергоэффективного освещения в птицеводстве, является, безусловно, актуальной и с практической точки зрения необходимой.

При работе над дипломным проектом Голованов Н. В. проработал и проанализировал большое количество технической документации, патентов и Интернет-ресурсов по теме дипломного проекта.

Голованов Н. В. проделал большую работу по исследованию особенностей содержания сельскохозяйственной птицы, применяемого светотехнического оборудования, световых приборов, изучил особенности светодиодов, аспекты конструирования световых приборов, проблемы и задачи при конструировании светильников со светодиодными лентами. Также большое внимание он уделил выбору материалов и комплектующих для разрабатываемого светильника. Далее он исследовал характеристики светодиодного светильника для клеточного содержания птицы, осуществил расчет для определения положения светильника в пространстве.

При выполнении каждого раздела дипломного проекта Голованов Н. В. проявил творческий подход и способность самостоятельного овладения необходимым материалом.

При выполнении дипломного проектирования были использованы средства Microsoft Office.

К недостаткам работы можно отнести отсутствие оценки экономической эффективности разработанного светового прибора.

В процессе дипломного проектирования Голованов Н. В. проявил себя ответственным, знающим и самостоятельным специалистом.

Итоговая оригинальность работы 86,6 %.

Считаю, что Голованов Н. В. справился с поставленной задачей, заслуживает присвоения квалификации бакалавр по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Научный руководитель
доц., к.т.н., доц. каф. светотехники



Байнева И.И.

« 06 » июня 2018 г.