

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»**

А.В. РУДЫХ

**ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ, ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ И
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

**Учебное пособие по дисциплине
«Светотехника и электротехнология»**

Молодежный 2019

УДК 621.31:631.(075.8)

Учебное пособие: «Осветительные, облучательные и электротехнологические установки» по дисциплине «Светотехника и электротехнология» рекомендовано к изданию типографским способом научно-методическим советом Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. Протокол № 2 от 25 ноября 2019 г.

Р е ц е н з е н т ы:

Старший энергетик сельского хозяйства
СХПАО «Белореченское» А.А. Горобей

К.т.н., доцент С.В. Подъячих

Рудых А.В.

Осветительные, облучательные и электротехнологические установки: Учебное пособие. – Иркутск.: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2019. – 103 с. Предназначено для самостоятельной работы студентов энергетического факультета, направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК», уровень подготовки – бакалавр, по дисциплине «Светотехника и электротехнологии».

Даны краткие теоретические сведения, порядок выбора и расчета установок освещения и облучения, проводникового материала, а также электротехнологических установок. Пособие содержит справочные данные необходимые для расчетов.

© А.В. Рудых

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ	5
1.1. Виды и системы освещения.....	5
1.2. Нормированная освещенность.....	5
1.3. Коэффициент запаса и коэффициенты отражения поверхностей.....	10
1.4. Источники излучения и светильники.....	11
1.5. Размещение светильников в помещении.....	16
1.6. Методы светотехнических расчетов.....	17
1.6.1. Метод коэффициента использования светового потока.....	17
1.6.2. Метод удельной мощности.....	21
1.6.3. Точечный метод расчета.....	23
2. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ	28
2.1. Стационарные облучательные установки.....	28
2.2. Подвижные облучательные установки.....	29
2.3. Установки для обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением.....	35
2.4. Инфракрасные облучательные установки.....	33
2.5. Комбинированные облучательные установки.....	38
3. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	41
4. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ	48
4.1. Электрообогреваемый пол.....	48
4.2. Электрокалориферные установки.....	57
4.3. Пленочные электронагреватели.....	61
4.4. Электродные водонагреватели.....	64
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	69
ПРИЛОЖЕНИЯ	71
ЛИТЕРАТУРА	103

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство – крупный потребитель тепловой энергии: в общем энергопотреблении основная доля приходится на тепловые процессы. Для сельского хозяйства характерны низкая плотность тепловых нагрузок и большая рассредоточенность потребителей. Сельскохозяйственные потребители теплоты имеют большую неравномерность нагрузки и малый коэффициент использования максимума.

Уровень комплексной электрификации достигает на сегодняшний день почти 70%. Несмотря на это за последние годы не получили должного развития и внедрения энергосберегающие технологии, не завершена комплексная электрификация в животноводстве.

Электрификация сельского хозяйства включает в себя использование электрической энергии как для привода рабочих машин, так и в процессах, в которых энергия преобразуется в другие виды.

Методы электротехнологии характеризуются высокой эффективностью, универсальностью, их можно применять для воздействия на растения, животных и среду их обитания, элементы питания (удобрения, корма, вода) и сельскохозяйственную продукцию. При этом повышается качество обрабатываемых материалов. Так, семена растений, прошедшие обработку в электрическом поле, имеют большую энергию прорастания, лучшую всхожесть, обеспечивают высокую урожайность.

Электрический разряд позволяет экономично и с большой прочностью скреплять металлические детали, дробить в порошок каменные глыбы, превращать бесплодные почвы в плодородные, стимулировать рост растений и уничтожать сорняки.

При помощи переменных электромагнитных и электрических полей различной частоты можно избирательно нагревать магнитные и диамагнитные материалы, закалять поверхности стальных деталей, сушить сельскохозяйственные продукты и пастеризовать их.

Эффективное выполнение электротехнологических процессов, а также их совершенствование неразрывно связано с автоматизацией, успешное применение которой основано на глубоком понимании физических процессов, происходящих в установках.

Без искусственного освещения сегодня не обходится ни одно производство. В сельском хозяйстве свет электрических ламп влияет не только на продуктивность животных или птицы, но и качественно изменяет сам технологический процесс, способствуя его переводу в автоматический режим. Например, при производстве яиц кур содержат в безоконных помещениях при искусственном освещении, что позволяет в любое время года автоматически изменять продолжительность дня таким образом, чтобы поддерживать наивысшую продуктивность птицы.

Применение осветительных и облучательных установок позволяет повысить производительность до 10%, продуктивность животных до 20%. Автоматизация осветительной и облучательной установок позволит снизить расход электроэнергии

1. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

1.1. Системы и виды освещения

В настоящее время для целей освещения могут быть использованы две системы: общая система освещения, которая подразделяется на равномерную и локализованную, и комбинированная. Общее равномерное освещение используется непосредственно для освещения помещения в целом, при этом светильники устанавливаются в верхней части помещения, как правило на потолке, с равномерным их размещением. При общей, локализованной системе освещения, нормированная освещенность должна соблюдаться в зоне требования повышенной освещенности, и не должна отличаться от средней более чем на 25%. При комбинированной системе освещения используется общая система освещения, а также непосредственно освещения места, где производятся точные зрительные работы.

При общей системе освещения применяются два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. Общая равномерная система освещения предусматривает расположение светильников с одинаковым расстоянием между ними, как в ряду, так и между рядами. При общей локализованной системе освещения расположение светильника определяется согласно более выгодного направления светового потока.

При каждой из систем освещения, нормированная освещенность в любой точке рабочей поверхности должна находиться в пределах от +20% до –10%.

При освещении открытых территорий используется только система общего освещения с равномерным распределением светильников.

Существует много видов освещения, однако для производственных помещений используются такие как: рабочее, аварийное, эвакуационное (аварийное освещение для эвакуации) и охранное освещение территории. В производственных помещениях агропромышленного комплекса дежурное освещение выделяется из рабочего, и составляет 10% от него. Дежурное освещение предназначено для непосредственного контроля в нерабочее время в производственных помещениях (в помещениях для содержания животных и птицы).

1.2. Нормированная освещенность

Нормы освещенности для предприятий агропромышленного комплекса приведены в “Отраслевых нормах освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений”. Для освещения помещений в АПК, могут использоваться тепловые источники излучения (лампы накаливания до 100Вт), разрядные источники излучения низкого и высокого давления, в том числе компактные люминесцентные лампы, полупроводниковые (светодиодные). Нормируемая освещенность зависит от типа источника излучения, вида и системы освещения, а также размеров различия объекта.

В табл.1.1 представлены нормы освещения в характерных помещениях.

В табл. 1.2 даны отраслевые нормы освещения для сельскохозяйственных предприятий.

Таблица 1.1 - Освещенность в характерных помещениях

Помещение	Плоскость и ее высота	Разряд работ	Освещенность		Коэффициенты запаса	
			Газоразрядные, светодиодные лампы	Лампы накаливания	при г.л., светод.	при л.н.
1	2	3	4	5	6	7
Главные коридоры	Г-0,0	ХП б	75	30	2,0	2,0
Второстепенные коридоры и теплые проходы	Г-0,0	ХП в	50	20	0,2	0,2
Лестничные клетки а) главные б) второстепенные	Г-0,0	ХП б	100	50		
	Г-0,0	ХП д	75	30		
Камеры трансформаторов и реакторов	В-1,5	ХШ а	75	30	1,5	1,3
Распределит Устройства КПП	В-1,5		100	75		
Фасад	В-1,5	УІ	100	75	1,5	1,3
Задняя сторона щита	на панели	УШ а	75	30	1,5	1,3
Щитовые с расстоянием наблюдения 0,5м	В-1,5	ІУ б	200	150	1,5	1,3
Электромашинный зал	Г-0,8	ІУ г	150	100	1,5	1,3
Камеры вентиляторов	Г-0,8	УШ б	50	20	1,5	1,3
Помещение ремонта аккумуляторов	Г-0,8	ІУ б	200	150	1,5	1,3
Отделение ТО автомашин	Г-0,0	У а	200	150	1,5	1,3
Смотровые канавы	на машине	УІ	100	50	1,5	1,3
Закрытая автостоян	Г-0,0	ІХ а	50	20	1,5	1,3
Открытая стоянка	Г-0,0	ХУІІ	5	5	1,5	1,3
карбюраторная	Г-0,8	ІУ а	300	200	1,5	1,3
Кузнечно-медниц.	Г-0,8	ІУ б	200	100	1,5	1,3
Буфет	Г-0,8	ІУ б	200	100	1,5	1,3
Компр. насос:						
Пост. дежурств.	Г-0,8	У б	100	50	1,5	1,3

Продолжение таблицы 1.1.

1	2	3	4	5	6	7
Периодич. осмотр	Г-0,8	УШ а	75	30	1,5	1,3
Водонапорная башня	Г-0,0	Х в	50	10	1,5	1,3
Котельные	Г-0,8	Х б ИУ в	75 400	30 400	1,8 1,8	1,5 1,5
Склады громоздких предметов:						
а) механизированные	Г-0,0	IX а	50	20	До 2,0	1,7
б) немеханизированные	Г-0,0	IX б	50	5		
Мат. склады, инструментов	Г-0,0	УШ а	75	30	1,5	1,3
Кабинет врача	Г-0,8	ИУ г	200	100	1,5	1,3
Лаборатория	Г-0,8	ИУ а,ИУ б	150	75	1,5	1,3
Слесар механич. отделение	Г-0,8	П в	300	150	1,5	1,3
Монтажно-сборочн. отделение	Г-0,8	Ш б	300	200	1,5	1,3
Кузнечно-сварочное отделение	Г-0,8 Г-0,0	УП	200	150	1,8	1,5

Таблица 1.2 - Отраслевые нормы освещения для сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений.

Помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность, для которой нормируется Е	Плоскость, в которой нормируется Е	Освещенность лк		Дополнительные указания
			при л.л.,сд.	При л.н.	
1	2	3	4	5	6
А. Животноводческие здания и сооружения					
а) для КРС молочного направл. Помещения для содержания коров и ремонтного молодняка -зона кормления -стойла, секции, боксы	пол, зона располож. Кормушек	горизонтальная ---«---	75 35	30 20	во время доения коров Е на вымени коровы должно быть не менее 15лк
Помещения родильного отделения:		горизонтальная	150	100	
-для отела коров	пол	горизонтальная	150	100	
-для сан. Обработки коров	---«---	---«---	75	30	
-профилакторий, помещение для содержания. Телят	---«---	---«---	100	50	

Продолжение таблицы 1.2.

1	2	3	4	5	6
Помещение для доращивания молодняка	---«---	---«---	50	20	
Помещения для содержания хряков-производит., свиноматок, поросят	---«---	---«---	75	30	
Помещен. Для содержания откормочного поголовья	---«---	---«---	50	20	
Помещения для содержания маток, баранов, молодняка	---«---	---«---	50	20	
Тепляк с родильным отделением	пол, клетки	---«---	100	50	
Помещение для стрижки овец	стол, настил	---«---	200	150	при комб. Осв. $E_{н}=300\text{лк}$
Ванно-душевой денник	пол	---«---	75	30	
Помещения для напольного и клеточного содержания кур промыш. Стада	---«---	---«---	75	30	обеспечить регул. Освещение 30-45 лк
Помещение для сортировки и отборки цыплят	стол	---«---	300	200	
Вольер для молодняка кроликов	пол	---«---	10	10	
Манеж, пункты искусств. Осеменения	станок	---«---	200	150	
Здания и помещения для доения, обработки и хранения молока;	пол	---«---	75	30	
Доильные залы и площадки	зона работы доярки	----«----	200	150	при комбинированном освещении $E_{н}=400\text{лк}$,
Холодильная камера	0,8 м от пола	---«---	----	30	
Моечная фляга	ванна	---«---	150	100	
Цех расфасовки молока в пакеты	расфас. Автоматы	---«---	150	100	
Моечная, стерилизационная	раковина	---«---	150	100	
Кладовая для биопрепаратов	0,5 м от пола	---«---	100	50	
Утилизационная	пол	---«---	---	20	
Помещение для дезинфекции тары, одежды и трансп. Средств	---«---	---«---	---	30	
Помещение для содержания больных животных	---«---	---«---	100	50	
Помещ. Для приема и хранения кормов	---«---	---«---	---	20	

Продолжение таблицы 1.2.

1	2	3	4	5	6
Участок для обработки и смешивания кормов	поверхн. Бункера и смесителя	---«---	150	100	
Площадка для приема кормов	земля	---«---	5	5	
Варочное отделение	0,8м от пола	---«---	100	50	
Отделение аэрации и обезвоживания навоза.	Пол	---«---	---	20	
Отделение хлорации	зона работы	---«---	75	30	
Шкуросьемочная и обезжировачная	0,8м от пола	---«---	200	150	
Помещение для съемки шкурок с правилки и обработки	стол	---«---	75	30	
Сортировочная шкурок, пуха	---«---	---«---	300	---	
Помещ. Для классировки и прессования шерсти	стол, пресс	---«---	200	150	
Моечная, камера для дезинфекции яиц, участок для упаковки яиц	зона работы, ванна, стол	---«---	150	100	
Лаборатории различного назначения	0,8м от пола	---«---	300	150	
Выгульные площадки	земля	---«---	0,5	0,5	
Весовые	шкала весов	вертикаль-ная	150	100	
Фуражные помещен для хранения инвентаря, моющих и дезосредств, запаса кормов и подстилки	пол	горизонтал-ьяная	---	10	
Галереи для прогона животных	---«---	---«---	50	20	
Складские помещен для картофеля, овощей и фруктов	пол про-езда, прохода	---«---	---	20	
Экспедиция	стол	---«---	75	30	
Помещен. Для проращивания картофеля	Зона работы	---«---	100	50	
Помещ. Для инвентаря и машин	пол	---«---	---	10	
Грузовые коридоры	Зона работы	---«---	75	30	
Зерносклады	пол	---«---	---	5	
Помещение для проращивания семян	---«---	---«---	75	30	
Экспедиции (упаковочные, сортировочные)	стол	---«---	75	30	
Складские помещения для удобрения ядохимикатов	пол	---«---	---	10	

1.3. Коэффициент запаса и коэффициенты отражения поверхностей

При расчете осветительных установок необходимо учитывать коэффициент запаса, который зависит от воздушной среды помещения, а именно от содержания пыли, дыма, и копоти. Коэффициент запаса выше, чем больше пыли, дыма и копоти содержится в воздушной среде помещения. Оседая на светильники, или непосредственно на источники излучения, они снижают световой поток, что является следствием уменьшения освещенности помещения и КПД светильников или источников излучения.

Коэффициенты запаса представлены в табл. 1.3, в зависимости от используемых источников излучения.

Таблица 1.3 - Коэффициент запаса

Освещаемые объекты	При ЛН	При РЛ, СД
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей 10 мг/м ³ и более пыли, дыма, копоти: а) при темной пыли б) при светлой пыли	1,7 1,5	2,0 1,8
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей от 5 до 10 мг/м ³ пыли, дыма и копоти: а) при темной пыли б) при светлой пыли	1,5 1,4	1,8 1,6
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей не более 5 мг/м ³ пыли, дыма и копоти. Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1,3	1,5
Площадки, улицы, территории зданий и жилых районов	1,3	1,5
Прожекторные установки	1,5	1,8

Как известно светлые поверхности имеют большую отражающую способность. Коэффициенты отражения поверхностей помещения (потолок, стены, пол), зависят от материала изготовления и цвета. Чем светлее поверхность, тем выше коэффициент отражения светового потока источника излучения. Коэффициенты отражения поверхностей представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4 - Приблизительные значения коэффициентов отражения

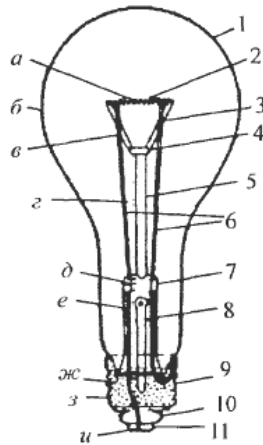
Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетон и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолок в помещениях с большим количеством темной пыли; красный кирпич неоштукатуренный; Стены с темными обоями	10

1.4 Источники излучения и светильники

Выбор источника излучения зависит не только от экономической целесообразности, но так же от многих других факторов. К таким факторам относятся параметры микроклимата помещения, особенности эксплуатации, технические требования.

В настоящее время для освещения производственных помещений наибольшее распространение получили светодиодные и разрядные источники излучения. Эти источники излучения обладают рядом преимуществ по сравнению с лампами накаливания.

Стеклянная колба лампы накаливания (рис.1.1), крепится специальной мастикой в цоколе, при помощи которого лампа подключается к электрической сети. Внутри стеклянной колбы расположена ножка лампы. Ножка лампы состоит из стеклянного штабика, который в нижней части соединен с колбой, лопатки, штенгеля.



1 – колба; 2 – тело накала; 3 – крючки; 4 – линза; 5 – штабик; 6 – электроды; 7 – лопатка; 8 – штенгель; 9 – цоколь; 10 – изолятор; 11 – нижний контакт. Материалы: а – вольфрам; б – стекло; в – молибден; г – никель; д – медь, сталь, никель; е – медь; ж – цокольная мастика; з – латунь или сталь; и – свинец, олово

Рисунок 1.1 - Конструкция лампы накаливания общего назначения

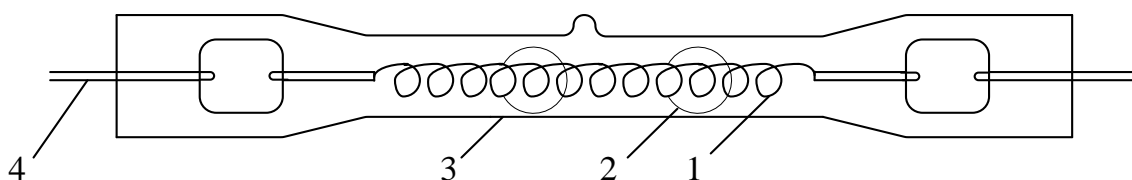
В верхней части штабика расположена линза, в неё впаяны молибденовые крючки, предназначенные для поддержания тело накала. К телу накала подведены два электрода, по средствам которого подается напряжение. В штенгеле находится откачное отверстие для удаления воздуха, так как для стабильной работы лампы недопустимо присутствие кислорода. Поэтому лампы накаливания выпускаются вакуумные или газонаполненные (аргоном или криптоном). Маркируются лампы накаливания буквенными обозначениями: В - вакуумная лампа, Г - газонаполненная моноспиральная лампа, Б – газонаполненная биспиральная лампа, БК – газонаполненная биспиральная с криптоновым наполнением. Так же в маркировке может указываться вид стекла колбы: матированное, молочное, опаловое.

Для перераспределения светового потока в некоторых лампах накаливания используется отражатель, выполненный в виде зеркального или диффузного напыления на внутренней поверхности колбы.

Тело накала изготавливается из вольфрама, который обладает свойством распыления при высоких температурах, что приводит к снижению светового потока источника излучения и сокращению его срока службы.

Для снижения распыления вольфрама и увеличения срока службы лампы, внутрь колбы вводят дозированное количество йода. Такие лампы называются галогенными (рис.1.2). Галогенная лампа это кварцевая стеклянная трубка, имеющая два вывода по концам. Внутри трубки, строго по оси, расположено тело накала из вольфрамовой спирали. Для поддержания тела накала в трубке расположены спиралевидные держатели.

При температуре внутри колбы $300 \dots 1200^\circ\text{C}$ пары йода соединяются у её стенок с распыленными частицами вольфрама, тем самым образуя иодид вольфрама, концентрация которого у стенок колбы повышается. Под действием диффузии, иодид вольфрама перемещается к центру колбы. Вблизи тела накала, при температуре $1400 \dots 1600^\circ\text{C}$, его молекулы распадаются, и атомы вольфрама оседают на теле накала. Освободившийся йод вновь участвует в возвратном цикле.



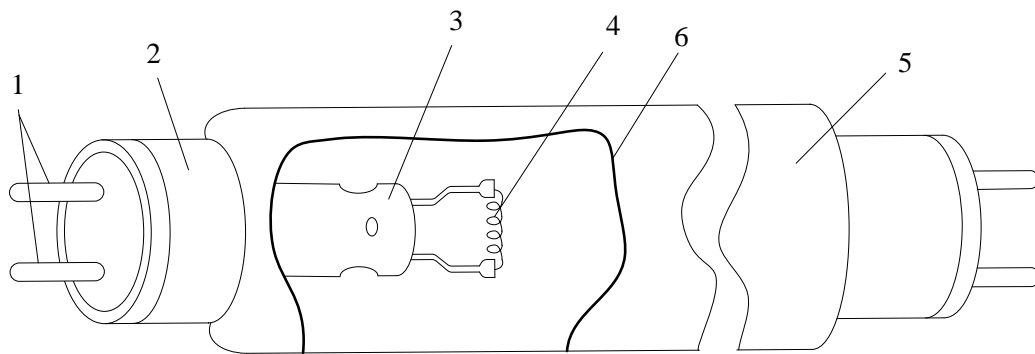
1 – вольфрамовая спираль; 2 - держатели; 3 – кварцевая стеклянная трубка;
4 – контактные выводы

Рисунок 1.2 – Линейная галогенная лампа

Обозначение галогенных ламп: КГ – кварцевая галогенная; КГТ - инфракрасная галогенная лампа (термическая).

Основным недостатком ламп накаливания является большой расход электроэнергии. В лампах накаливания, только $5 \dots 8\%$ электроэнергии преобразуется в видимое оптическое излучение, вся остальная электроэнергия преобразуется в тепло. Также работа ламп накаливания в большой степени зависит от отклонения и колебания подводимого напряжения.

Люминесцентные лампы (ЛЛ), как трубчатые линейные так и фигурные получили большое распространение для освещения производственных помещений. Они различаются по форме и размерам колбы, мощности и спектральному составу или цветности излучения. Конструкция трубчатой линейной люминесцентной лампы низкого давления (рис.1.3) представляет собой стеклянную цилиндрическую трубку-колбу, внутренняя поверхность которой покрывается люминофором. С обеих концов лампы располагаются ножки с катодами. Колба наполнена дозированным количеством ртути и аргона. Давление внутри колбы $0,1 \dots 10^4$ Па. Электроды лампы покрыты окисью бария, для облегчения зажигания разряда.



1 – штырьки; 2 – цоколь; 3 – стеклянная ножка; 4 – биспираль; 5 – колба; 6 – слой люминофора

Рисунок 1.3 - Газоразрядная ртутная лампа низкого давления

В настоящее время для освещения помещений большое распространение получили компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) (рис.1.4). Принцип преобразования электрической энергии в оптическое излучения аналогичен трубчатым люминесцентным лампам.

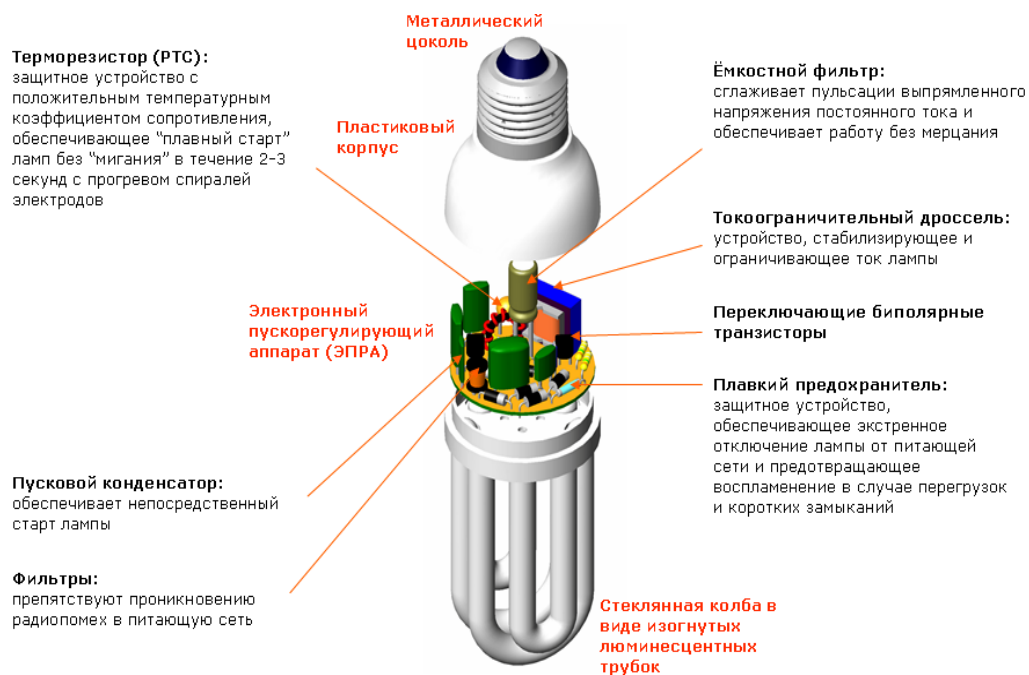


Рисунок 1.4 – Конструкция КЛЛ

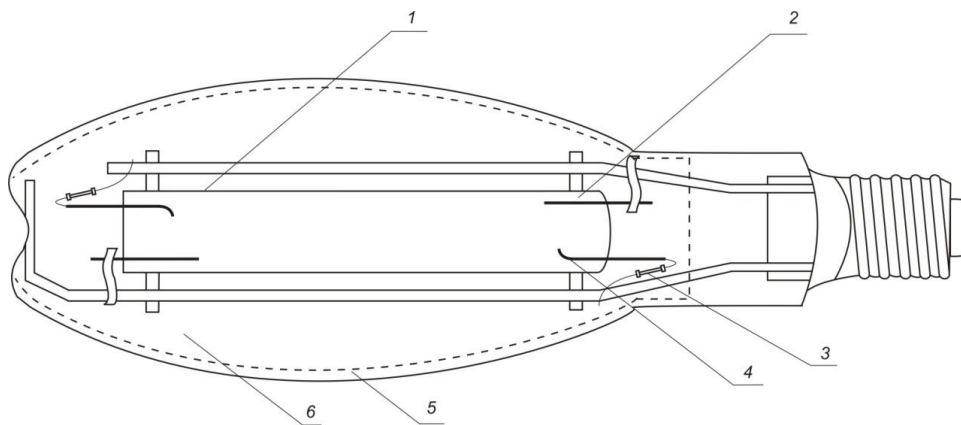
От состава люминофора зависит спектр излучения ламп, а так же эффективная отдача люминесцентных ламп, которая может достигать более 80 лм/Вт, при этом яркость в 200...300 раз меньше яркости ламп накаливания. Люминесцентные лампы менее зависимы от отклонения и колебания напряжения. Обладают большим сроком службы и лучшими, по сравнению с лампами накаливания, спектральными характеристиками.

Для зажигания и стабильной работы люминесцентных ламп необходима пускорегулирующая аппаратура (ПРА), которая так же является потребителем электрической энергии.

При выборе источника излучения необходимо учитывать, что на разрядные лампы низкого давления (люминесцентные), значительное влияние оказывает температура окружающей среды.

Для освещения производственных помещений так же могут использоваться разрядные лампы высокого давления.

Дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления типа ДРЛ (рис. 1.5) предназначены для освещения улиц и производственных помещений, где не требуется высокое качество цветопередачи.



1 – кварцевая трубка (горелка); 2 – основной электрод; 3 – ограничивающий резистор; 4 – дополнительный электрод; 5 – слой люминофора; 6 – внешняя стеклянная колба

Рисунок 1.5 – Дуговая ртутная люминесцентная лампа ДРЛ

Горелка лампы, расположена внутри стеклянной колбы, содержит дозированное количество ртути и аргон. Внутренняя поверхность стеклянной колбы покрыта тонким слоем люминофора. В кварцевую трубку впаяны два основных вольфрамовых электрода и два дополнительных (поджигающих) электрода, которые подключены через ограничивающие резисторы.

На современном этапе развития науки и техники, предъявляемым требованиям в качественных характеристиках, в большем мере соответствуют светодиодные источники излучения.

Конструкция светодиода — традиционный 5-миллиметровый корпус, состоящий из линзы, рефлектора, кристалла, анода и катода (рис. 1.6).

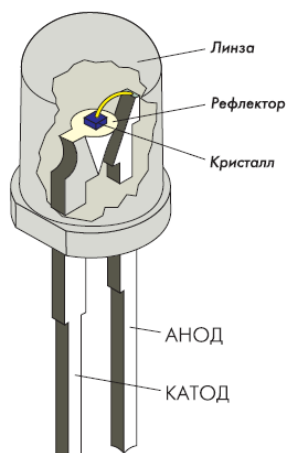


Рисунок 1.6 – Конструкция светодиода

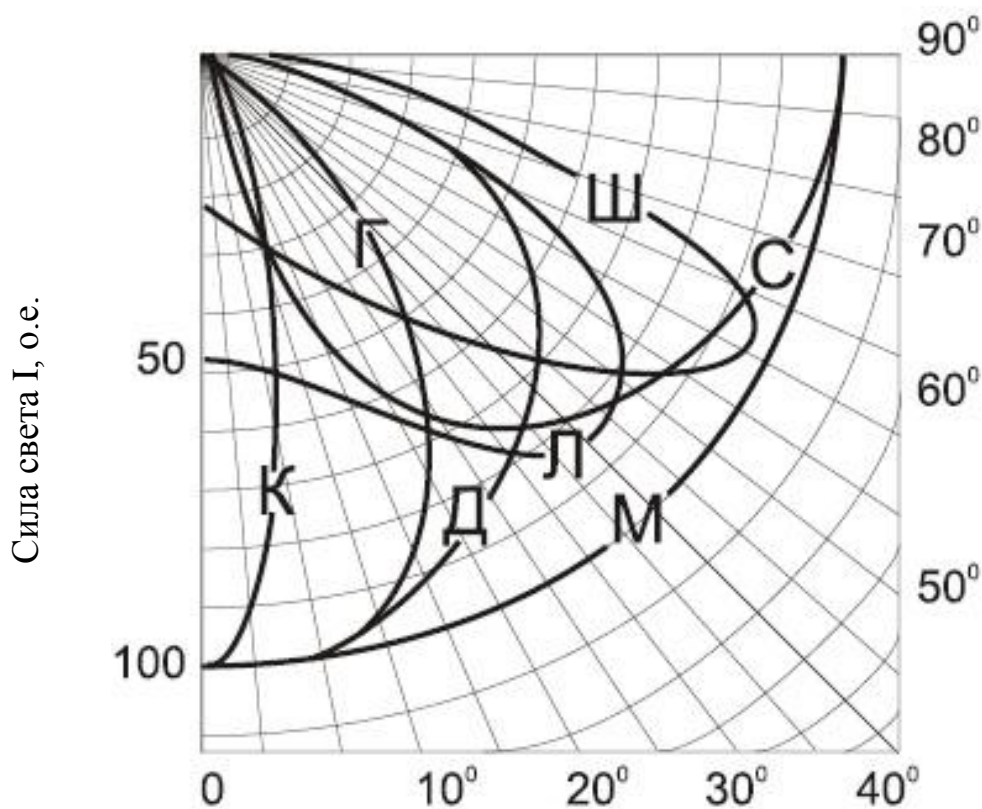
У светодиода два вывода анод и катод. На катоде расположен алюминиевый параболический рефлектор (отражатель). Полупроводниковый монокристалл – это чип размерами 0,3х0,3х0,25 мм, он соединен с анодом при помощи перемычки из золотой проволоки. Оптически прозрачный полимерный корпус, являющийся одновременно фокусирующей линзой вместе с рефлектором.

Световой прибор – это устройство, предназначенное для перераспределения светового потока, защиты источника излучения от механических повреждений и действия окружающей среды.

При выборе светильника необходимо учитывать его степень защиты от пыли и влаги.

Световые приборы (светильники) выбираются в зависимости от характера окружающей среды, требований к светораспределению, ограничению слепящего действия, из соображений экономии (стоимости) и экономичности (КПД, расхода материалов).

Одной из основных характеристик светильника является кривая силы света. Кривых силы света светильников семь: глубокая, концентрированная, косинусная, равномерная, полуширокая, широкая, синусная (рис. 1.7).



К - концентрированная ; Г - глубокая; Д - косинусная; Л - полуширокая; Ш - широкая; М - равномерная; С - синусная

Рисунок 1.7 – Типы кривых силы света (КСС)

От кривой силы света светильника зависит оптимальное расстояние между светильниками, а от этого в свою очередь зависит количество светильников, и как следствие количество потребляемой электроэнергии.

Так же при выборе светильника необходимо учитывать светораспределение светильника. От этого зависит качество освещения и

энергетическая экономичность. Для помещений, в которых отражающие поверхности (потолок, стены, пол) имеют не высокие отражающие свойства, рекомендуется использовать светильники прямого света, у которых 80% светового потока распределен в нижнюю полусферу.

1.5 Размещение светильников в помещении

Одной из основных задач при проектировании освещения производственных помещений в АПК является создание нормированной освещенности и необходимого качества освещения в помещениях. Так же необходимо учитывать экономическую целесообразность использования предлагаемой осветительной установки.

Рациональное размещение светильников в помещении в первую очередь зависит от высоты помещения, кривой силы света светильника и высоты подвеса светильника.

Расчетная высота свеса светильника над освещаемой поверхностью определяется по формуле, м:

$$h_p = H - h_c - h_{p.y.}, \quad (1.1)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника, м;

$h_{p.y.}$ – высота рабочего уровня, м;

h_p – расчетная высота свеса светильника, м.

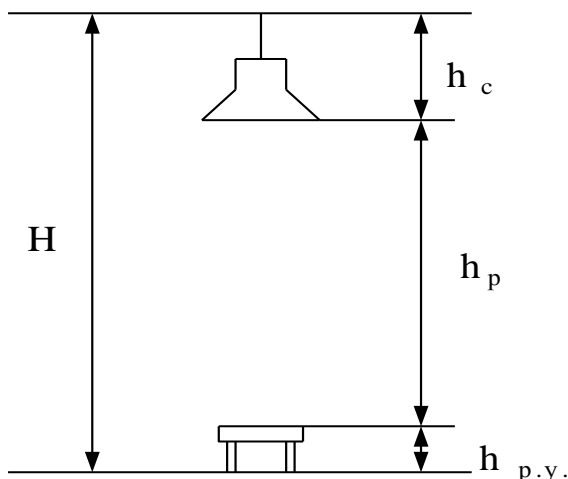


Рисунок 1.8 – Определение расчетной высоты

Для подвесных светильников $h_c=0,3...0,5$ м, для встроенных светильников $h_c=0...0,2$ м. Высота свеса светильника может быть и больше 0,5 м, но в этом случае необходимо устанавливать жесткие подвесы, не допускать раскачивания светильников.

При общей, равномерной системе освещения светильники распределяют по углам квадрата. Расстояние между светильниками в ряду L_A и расстояние между рядами светильников L_B определяется по формуле, м:

$$L_{A,B} \approx \lambda \cdot h_p, \quad (1.2)$$

где λ_c и λ_s – светотехнически и энергетически наиболее выгодное относительное расстояние между светильниками, зависит от кривой силы света (табл. 1.5).

Таблица 1.5 - Рекомендуемые значения λ для светильников типовыми кривыми силы света

Типовая кривая	λ_c	λ_s
Концентрированная	0,4-0,7	0,6-0,9
Глубокая	0,8-1,2	1,0-1,4
Косинусная	1,2-1,6	1,6-2,1
Равномерная	1,8-2,6	2,6-3,4
Полуширокая	1,4-2,0	1,8-2,3

При расстоянии между стеной и крайним светильником принимается равным 1/2 расстояние между светильниками, то число светильников ряда N_A определяется по формуле (1.3а), а число рядов N_B , определяется по формуле (1.3б), шт:

$$N_A = A / L \quad (a), \quad N_B = B / L \quad (б), \quad (1.3)$$

где A и B – размеры помещения, м.

Общее число светильников в помещении определяется, по формуле, шт:

$$N = N_A \cdot N_B. \quad (1.4)$$

Дальнейшие светотехнические расчеты производятся ниже изложенными методами.

1.6 Методы светотехнический расчетов

1.6.1. Метод коэффициента использования светового потока

При расчете общей, равномерной системе освещения в основном пользуются методом коэффициента использования светового потока.

Необходимый поток источника излучения определяется по формуле, лм:

$$F_n = \frac{E_n \cdot S \cdot k_s \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (1.5)$$

где E_n – нормированное значение освещенности, лк;

N – число светильников над освещаемой поверхностью, шт;

S – площадь освещаемой поверхности, м²;

k_3 – коэффициент запаса (табл.1.3);

z – коэффициент неравномерности освещения: для точечных источников, $z=1,15$, для линейных $z = 1,1$;

η – коэффициент использования светового потока, о.е

Коэффициент использования светового потока выбирается по приложению или по справочнику в зависимости от типа светильника, его КПД и характера светораспределения, коэффициентов отражения потока, стен и пола и от размеров помещения, которые учитывают индексом, о.е.:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)} \quad (1.6)$$

где h_p – расчетная высота, м; A, B – длина и ширина помещения, м.

По полученному значению потока $F_{л.}$, выбирается источник излучения, но при этом должно соблюдаться следующее соотношение, %:

$$- 10 \% \leq \frac{F_{л.т} - F_{л.}}{F_{л.}} \cdot 100 \% \leq + 20 \% \quad (1.7)$$

где $F_{л.т}$ – табличное значение потока лампы, лм.

Общая мощность осветительной установки определяется во формуле, Вт:

$$P_{о.у} = P_{л} \cdot N_{л} \quad (1.8)$$

Расчет мощности осветительной установки, выполненной люминесцентными лампами, кроме мощности источников излучения, имеет мощность пускорегулирующей аппаратуры, которая равна 25 % от мощности источника света.

Примеры 1.1. Рассчитать осветительную установку в помещении для содержания откормочного поголовья свиней методом коэффициента использования с круглосимметричными источниками излучения. Длина помещения $A=52$ м; ширина помещения $B=9$ м; высота $h=3$ м. Стены и потолок в помещении из бетона побеленные.

В помещении для содержания свиней нормированная освещённость $E_n=50$ лк .

Среда помещения влажная, пыльная, химически активная.

Для помещения с высоким содержанием пыли, коэффициент запаса составляет $K_3=1,5$.

В зависимости от материала изготовления окружающих поверхностей (побеленный бетон) выбираются коэффициенты отражения: потолка 50% , стен 30%, пола 10%.

На основании среды помещения, коэффициента запаса выбирается светильник серии ФСП17 с компактной люминесцентной лампой.

Высота установки светильников вычисляется по формуле (1.1):

$$h_p = 3 - 0,5 - 0 = 2,5 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние между светильниками в ряду L_A и между рядами светильников L_B , вычисляется по формуле (1.2):

$$L_{\text{опт}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м.}$$

Число рядов светильников N_B и число светильников в ряду N_A , вычисляется по формуле (1.3):

$$N_B = \frac{9}{6} = 1,5 = 2 \text{ шт.}; \quad N_A = \frac{52}{6} = 8,6 = 9 \text{ шт.}$$

Действительное расстояние между светильниками L_d , вычисляется по формуле:

$$L_d = \frac{B}{N_B}; \quad L_d = \frac{A}{N_A}. \quad (1.9)$$

$$L_d = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ м}; \quad L_d = 5,8 \text{ м.}$$

Индекс помещения i , вычисляется по формуле (1.6):

$$i = \frac{52 \cdot 9}{2,5(52 + 9)} = 3,1 \text{ о. е.}$$

Определяется коэффициент использования светового потока на основании индекса помещения, коэффициентов отражения: $\eta = 70\% = 0,7 \text{ о. е.}$

Световой поток источника излучения $F_{\text{и}}$, вычисляется по формуле (1.5):

$$F_{\text{и}} = \frac{50 \cdot 468 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{18 \cdot 0,7} = 3064,3 \text{ лм.}$$

Общее количество светильников N , вычисляется по формуле (1.4):

$$N = 2 \cdot 9 = 18 \text{ шт.}$$

Для предложенного светильника выбирается лампа 4U42E2745 мощностью 42Вт. Световой поток лампы $F_{\text{л}} = 2850 \text{ лм.}$

Ошибка в расчетах Δ , вычисляется по формуле (1.7):

$$\Delta = \frac{2850 - 3064,3}{3064,3} \cdot 100\% = -6,99\%.$$

Расчет и выбор осветительной установки произведен верно, так как, ошибка лежит в пределах нормы от -10% до + 20%.

Общая мощность осветительной установки $P_{\text{общ}}$, вычисляется по формуле (1.8):

$$P_{\text{общ}} = 18 \cdot 42 = 756 \text{ Вт} = 0,756 \text{ кВт}.$$

Пример 1.2. Рассчитать осветительную установку с линейными источниками излучения в коровнике. Характеристика телятнике: длинна А-58м; ширина В-12м; высота h-3,5м.

В помещении для содержания телят система освещения общая, равномерна, вид освещения - рабочее и дежурное.

Нормированная освещённость при использовании светильников с линейными люминесцентными лампами составляет $E_n=35$ лк.

Среда помещения влажная, пыльная, предлагается установить светильники серии ЛСП40.

В помещениях с пыльной средой коэффициент запаса $K_3=1,5$.

Коэффициенты отражения потолка 30% , стен 30%, пола 10%.

Высота установки светильников h_p , рассчитывается по формуле (1.1):

$$h_p = 3,5 - 0,5 - 0 = 3 \text{ м}.$$

Расстояние между светильниками в ряду L_A м и расстояние между рядами светильников L_B , рассчитывается по формуле (1.2):

$$L_{\text{опт}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м}.$$

Расстояние между стеной и крайним светильником равно $1/2$ расстояние между светильниками.

Число рядов светильников N_B , рассчитывается по формуле (1.3б):

Индекс помещения i , рассчитывается по формул (1.6):

$$i = 58 \cdot 12 / 3 (58+12) = 3,3 \text{ о.е.}$$

Коэффициент использования светового потока определяется на основании индекса помещения, коэффициентов отражения $\eta = 0,65$.

Световой поток ряда светильников $F_{\text{св}}$, рассчитывается по формуле (1.5):

$$F_{\text{св}} = (35 \cdot 1,5 \cdot 696 \cdot 1,15) / (0,65 \cdot 2) = 32323,8 \text{ лм}.$$

Выбирается лампа ЛБ36 мощностью 36Вт. Световой поток лампы $F_{\text{л}} = 3050$ лм.

Число светильников в ряду N_A , рассчитывается по формуле (1.3а):

$$N_A = 32323,8 / 6100 = 5 \text{ шт}.$$

Общее число светильников N , рассчитывается по формуле (1.4):

$$N = 5 \cdot 2 = 10 \text{ шт.}$$

С учетом габаритных размеров светильника, действительное расстояние между светильниками L_d , рассчитывается по формуле:

$$L_d = A, B / N_{A, B}. \quad (1.10)$$

Длина светильника 1,26м. Расстояние, занятое светильниками по длине помещения $1,26 \cdot 5 = 6,3$ м, $58 - 6,3 = 51,7$ м. свободно от светильников.

$$L_{дА} = 51,7 / 5 = 10,3 \text{ м.}$$

Общая мощность осветительной установки $P_{\text{общ}}$, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{общ}} = N \cdot (P_{\text{л}} + P_{\text{ПРА}}) \cdot n, \quad (1.11)$$

где $P_{\text{ПРА}}$ – мощность пускорегулирующей аппаратуры, Вт;
 n – количество ламп в светильнике, шт.

$$P_{\text{общ}} = 10 \cdot (36 + 9) \cdot 2 = 900 \text{ Вт} = 0,9 \text{ кВт.}$$

1.6.2. Метод удельной мощности

Методом удельной мощности пользуются для приближенного расчета осветительных установок помещения, к освещению которых не предъявляются особые требования, например вспомогательные складские помещения, кладовые и коридоры.

По расчетной высоте подвеса и площади освещаемого помещения для выбранного типа светильника по приложениям или справочной литературе определяется значение удельной мощности $P_{\text{уд}}$, которое затем корректируется для приведения в соответствии с данными таблиц. Для корректировки расчетного значения удельной мощности источников, Вт/м^2 используется формула:

$$P_{\text{уд}} = P'_{\text{уд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (1.12)$$

где k_1 – коэффициент приведения запаса к табличному значению;

k_2 – коэффициент приведения коэффициентов отражения поверхностей помещения к табличному значению.

Расчетную единичную мощность источника излучения определяется по формуле, Вт:

$$P_p = \frac{P'_{уд} \cdot S}{N \cdot n} \quad (1.13)$$

где P_p – расчетная мощность лампы, Вт;
 S – площадь помещения, м²;
 N – количество светильников, шт;
 n – количество ламп в светильнике, шт.

При расчете осветительной установки светильников с люминесцентными лампами по расчетной удельной мощности определяют число светильников, шт:

$$N = \frac{P'_{уд} \cdot S}{P_l \cdot n} \quad (1.14)$$

Далее производят компоновку осветительную установку.

Пример 1.3. Рассчитать осветительную установку в помещении приема кормов. Размеры помещения: $A=4,9$ м; $B=8,7$ м; $H=3$ м.

Система освещения и вид освещения: общая равномерная, вид освещения - рабочее.

Нормируемая освещенность $E_n = 20$ лк.

Среда помещения: пыльная.

На основании среды помещения выбирается светильник с лампами накаливания для производственных помещений: НСП 41-200-003 кривая силы света (КСС) «М»-равномерная.

Выбирается коэффициент запаса $K_z = 1,3$.

Определяются коэффициенты отражения поверхностей: $\rho_{пот.} = 50\%$, $\rho_{ст.} = 30\%$, $\rho_{пол} = 10\%$.

Определяется расчетная высота установки светильника по формуле (1.1):

$$h_p = 3 - 0,5 - 0 \quad h_p = 2,5 \text{ м.}$$

Определяется количество рядов светильников и количество светильников в ряду, по формуле (1.3):

$$L_{A,B} = 1,8 \cdot 2,5 = 4,5 \text{ м.}$$

$$N_B = \frac{8,7}{4,5} = 1,93 \approx 2 \text{ шт.}$$

$$N_A = \frac{4,9}{4,5} = 1,08 \approx 1 \text{ шт.}$$

Действительное расстояние между светильниками:

$$L_{д.В} = \frac{8,7}{2} = 4,35\text{м.}$$

$$L_{д.А} = \frac{4,9}{1} = 4,9\text{м.}$$

Общее количество светильников определяется по формуле (1.4):

$$N_{\text{общ}} = 2 \cdot 1 = 2\text{шт.}$$

Рассчитывается значение удельной мощности источников, по формуле (1.12):

$$P_{\text{уд.}} = 6,4 \cdot 1 \cdot 1 = 6,4 \text{ кВт/м}^2.$$

Определяется единичная мощность источника по формуле (1.13):

$$P_p = \frac{6,4 \cdot 42,63}{2 \cdot 1} = 136,416\text{Вт.}$$

По справочным данным выбирается ближайшая стандартная лампа Б-215-225-150 ее мощность $P_T = 150\text{Вт}$.

Ошибка в расчетах вычисляется по расчетной и выбранной мощности источника излучения по формуле (1.7):

$$\Delta P = \frac{150 - 136,416}{136,416} \cdot 100\% = 9,95 \%$$

Определяется мощность осветительной установки по формуле (1.8):

$$P_{o,y} = 150 \cdot 2 = 300\text{Вт} = 0,3\text{кВт.}$$

1.6.3. Точечный метод расчета

Точечный метод расчета применяется при расчете общего равномерного и локализованного освещения, местного освещения, освещения вертикальных и наклонных к горизонту плоскостей, наружного освещения, а так же к качеству проверочного, при расчете методом коэффициента использования светового потока.

Освещенность в контрольной точке рабочей поверхности рассчитывают по формуле, лк:

$$E = \frac{F_{\text{фл}} \cdot \mu \cdot \sum e}{k_3 \cdot 1000}, \quad (1.15)$$

где $F_{\text{фл}}$ – фактический световой поток лампы, лм;

μ – коэффициент добавочной освещенности, принимают равным 1,1-1,2;

k_3 – коэффициент запаса;

$\sum e$ – суммарная условная освещенность расчетной точки, создаваемая п светильниками, в каждом из которых условная лампа имеет световой поток 1000 лм.

Более рациональный способ нахождения условной освещенности по кривым изолуксам. В этом случае освещенность от каждого светильника в расчетной точке поверхности зависит непосредственно от его высоты h_p и от расстояния d между точкой и проекцией светильника на рабочую поверхность.

Для прямого расчета по формуле (1.15) определяется поток лампы, приравняв освещенность E к нормированному значению, по формуле:

$$F_{\text{фл}} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3}{\mu \cdot \sum e} \quad (1.16)$$

Если длина светильника меньше половины расчетной высоты, то светильники принимаются за точечные (круглосимметричные). Когда длина светильника превышает половину расчетной высоты, светильники рассматриваются как светящиеся линии и световой поток рассчитывается по формуле:

$$F' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot h_p}{\mu \cdot \sum e_{\text{мин}}} \quad (1.17)$$

где $\sum e$ – сумма условных относительных освещенностей в расчетной точке, определяемых по графикам линейных изолукс или приложениям, построенных в координатах L'/P' , лк.

Относительная длина $L'=L/h_p$, L – длина светящей линии; расстояние от контрольной точки до линии проекции светильника на рабочую поверхность заменяют относительным расстоянием $P'=P/h_p$.

Для расчета точечным методом, на плане необходимо выбрать минимум две контрольные точки. Не рекомендуется выбирать контрольные точки у стен, если там не расположено технологическое оборудование, а так же в углах помещения.

Полный световой поток светящей линии, необходимый для создания в контрольной точке нормированной освещенности E , вычисляется по формуле:

$$F=F' \cdot L \quad (1.18)$$

где L – длина светящей линии или светильника, м.

Пример 1.4. Рассчитать осветительную установку представленную на рис. 1.9, точечным методом. Нормированная освещенность $E_n = 75$ лк, расчетная высота установки светильников $h_p = 3$ м. Кривая силы света светильника косинусная. Расстояние между рядами светильников 5,6м, расстояние между светильниками в ряду 5,3м.

На плане размещения осветительной установки выбирается не менее двух контрольных точек. Результаты расчетов освещенности представлены в табл. 1.7.

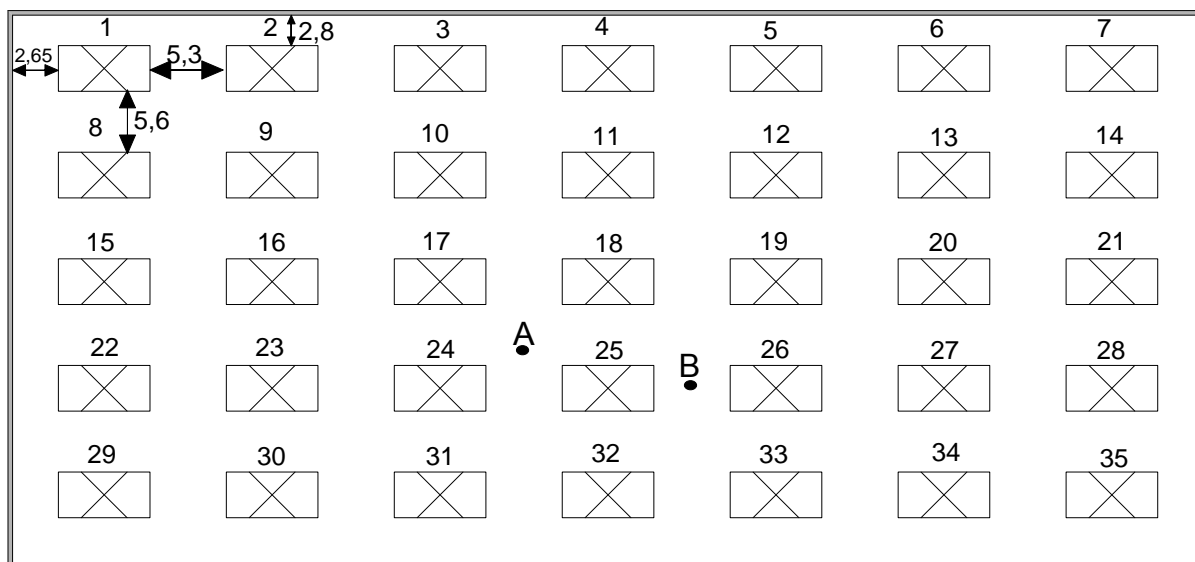


Рисунок 1.7 – Размещение осветительной установки с нанесением контрольных точек

Результаты определения освещенности в контрольных точках представлены в табл. 1.9.

$$\sum \text{л. т. А} = 240 - 200 + 10,8 - 8,8 + 288 - 280 + 18 - 16 = 52 \text{ лк.}$$

$$\sum \text{л. т. В} = 270250 + 48 - 40 + 320 - 310 + 60 - 52 = 46 \text{ лк.}$$

За расчетную принимается точка В, так как имеет наименьшую освещенность.

Таблица 1.7 – Результаты расчетов освещенности в контрольных точках

Для точки А										Для точки В								
$N_{св}$	17,18, 24,25	17',18', 24',25'	10,11,31,32	10',11', 31',32'	16,19, 23,26	16',19', 23',26'	9, 12, 30,33	9',12', 30',33'	8,13, 29,34	25,26	25',26',	18,19, 32,33	18',19', 32',33'	24,27	24',27',	17,20, 31,34	17',20', 31',34'	11, 12
L, м	3,91	2,65	3,91	2,65	10,47	9,21	10,47	9,21	3,91	3,91	2,65	3,91	2,65	10,47	8,3	10,47	8,3	11, 2
P, м	2,8	2,8	8,4	8,4	2,8	2,8	8,4	8,4	14	0	0	5,6	5,6	0	0	5,6	5,6	0
$L', ос$	1,3	0,88	1,3	0,88	3,49	3,07	3,49	3,07	1,3	1,3	0,88	1,3	0,88	3,49	2,8	3,49	2,8	3,7
$P', ос$	0,9	0,9	2,8	2,8	0,9	0,9	2,8	2,8	4,7	0	0	1,87	1,87	0	0	1,87	1,87	0
E, лк	60	50	2,7	2,2	72	70	4,5	4	0	135	125	12	10	160	155	15	13	0
$\sum E, лк$	240	200	10,8	8,8	288	280	18	16	0	270	250	48	40	320	310	60	52	0

$$F' = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,5 \cdot 3}{1,1 \cdot 46} = 6669,69 \text{ лм.}$$

Световой поток одной лампы.

$$F_{\text{л.р.}} = \frac{6669,69}{2} = 3334,845 \text{ лм.}$$

По(прил.2) выбирается ближайшая стандартная лампа ЛБ36, со световым поток $F_{\text{л.т.}} = 3050 \text{ лм.}$

Ошибка в расчетах определяется по формуле (1.7).

$$\Delta F = \frac{3050 - 3334,845}{3334,845} \cdot 100\% = -8,54\%.$$

Расчет произведен верно, так как ошибка лежит в допустимых пределах (от-10 до +20%).

Задания

Задача 1.1. В помещении с малым содержанием пыли, размерами $A = 21\text{м}$, $B = 12\text{м}$, $H = 4,2\text{м}$, высота рабочего уровня $h_p=0,8\text{м}$, высота свеса светильника $h_{\text{св}}= 0,5\text{м}$. Коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}}=50\%$, стен $\rho_{\text{с}}= 30\%$, расчетной поверхности $\rho_{\text{р}}= 10\%$. Коэффициент запаса $k_3 = 1,3$. Определить методом коэффициента использования светового потока освещение светильниками «Астра» с лампами накаливания для создания освещенности $E = 50 \text{ лк}$.

Задача 1.2. Рассчитать методом коэффициента использования светового потока помещение с малым содержанием пыли и размерами $A = 21\text{м}$, $B = 12\text{м}$, $H = 4,2\text{м}$, высота рабочего уровня $h_p=0,8\text{м}$, высота свеса светильника $h_{\text{св}}= 0,4\text{м}$, создать освещенность $E = 300 \text{ лк}$ люминесцентными лампами ЛБ40 в светильниках ЛДОР. Коэффициенты отражения в помещении $\rho_{\text{п}}=50\%$, $\rho_{\text{с}}=30\%$, $\rho_{\text{р.п}}=10\%$, коэффициент запаса $k_3=1,3$.

Задача 1.3. Рассчитать точечным методом освещение помещения светильниками УПД при следующих условиях: длина $A = 14\text{м}$, ширина $B = 10\text{м}$, высота помещения $H = 4,3\text{м}$, высота свеса светильника $h_{\text{св}} = 0,3\text{м}$, высота рабочего уровня $h = 0\text{м}$, нормированная освещенность $E_{\text{н}}=75\text{лк}$, коэффициент запаса $k_3= 1,5$ и коэффициент добавочной освещенности $\mu = 1,2$.

Расстояние между светильниками $L = h_p \cdot \lambda = 4 \cdot 1 = 4\text{м}$ и размещаем их по вершинам квадрата $4 \times 4 \text{ м}^2$. Расстояние от крайних светильников до стен равно $0,25L=1\text{м}$.

2. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

2.1. Стационарные ультрафиолетовые облучательные установки

В настоящее время существует большое количество облучательных установок и источников излучения для ультрафиолетового облучения животных. По конструктивным особенностям они выпускаются стационарными, передвижными и подвижными. Облучатели предназначены для перераспределения витального (эритемного) потока излучения, а так же для защиты источника излучения от внешних воздействий.

Для расчета необходимо знать исходные данные: возраст животных; способ их содержания; размеры площади, занятой животными; высоту помещения.

Выбирается доза витального облучения A_3 , которая зависит от вида и возраста животных, а также от способа их содержания.

Определяется расчетная высота h_p , м. За расчетную высоту принимают расстояние от облучателя до уровня спины животных.

Выбирают тип облучателя. Стационарные облучательные установки ЭО-1-30М, ОЭ-1, ОЭ-2, ОЭСП02.

Определяется расстояние между облучателями, м:

$$L \approx \lambda_{\text{отн}} \cdot h_p, \quad (2.1)$$

где $\lambda_{\text{отн}}$ - относительно наиболее выгодное расстояние между облучателями, м;
 h_p - расчетная высота, м.

Эритемную облучённость определяют по формуле, эр/мм²:

$$E_3 = F_3 \cdot \frac{\sum e}{1000} \cdot \frac{\mu}{k} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_v}, \quad (2.2)$$

где μ – коэффициент добавочной освещённости (облучённости);

k – коэффициент запаса;

ρ_v, ρ_3 – коэффициент отражения материала облучателя для светового и эритемного потока;

F_3 – эритемный поток источника, эр;

$\sum e$ – сумма условных освещённостей в расчётной точке от ближайших светильников (облучателей).

Продолжительность работы облучательной установки, ч:

$$t = A_3 / E_{3,\text{max}}, \quad (2.3)$$

где A – доза облучения, эр·ч/м² или мэр·ч/м².

Установки для одновременного освещения помещений и ультрафиолетового облучения животных и птицы рассчитываются по коэффициенту K_3 , соотношения светового и эритемного потоков. По нормированным значениям освещённости E_n и облучённости E_3 , находят коэффициент, о.е.:

$$K_3 = \frac{E_3 \cdot \eta_3}{E_n \cdot \eta_c}, \quad (2.4)$$

где η_c , η_3 – коэффициенты использования светового и эритемного потоков и светильника.

После расчёта источника видимого излучения, по световому потоку выбранной лампы определяется эритемный поток источника, эр:

$$F_3 = K_3 \cdot F_c, \quad (2.5)$$

где F_c – световой поток источника излучения, лм.

По каталогу выбирают ближайший УФ – источник. При расчёте эритемных установок относительное расстояние между облучателями с косинусным светораспределением следует принимать $\lambda=1,59$.

2.2. Подвижные ультрафиолетовые облучательные установки

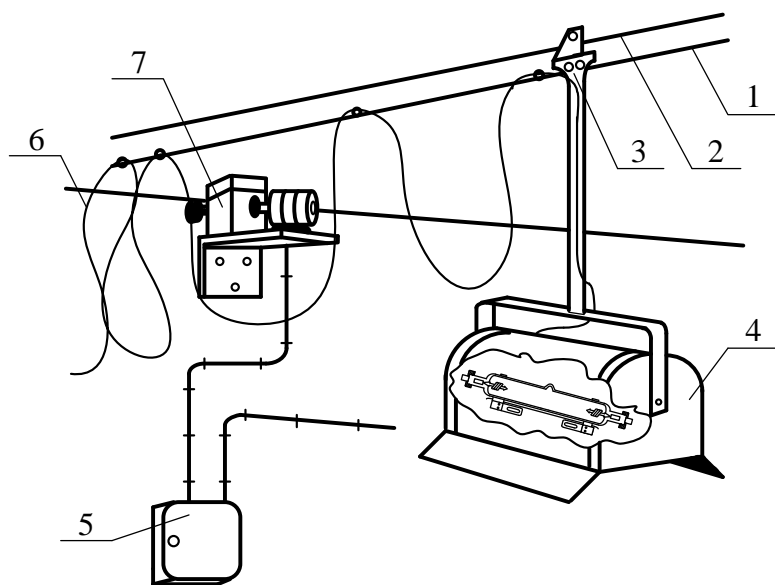
Подвижная ультрафиолетовая облучательная установка УО-4М предназначена для облучения сельскохозяйственных животных при их содержании в стойлах или станках.

Предлагаемая установка состоит (рис.2.1) из приводной станции, облучателей и кабеля. Приводная станция содержит электродвигатель трехфазного тока мощностью 0,27кВт, напряжением 380...220В. Редуктор с передаточным числом 1:891, переключатель изменения напряжения вращения вала электродвигателя, щит управления.

В установке используется дуговая ртутная трубчатая лампа мощностью 400 Вт типа ДРТ 400. Пускорегулирующая аппаратура ламп, которая содержит дроссели, конденсаторы, выключатели, предохранители установлена на щите управления.

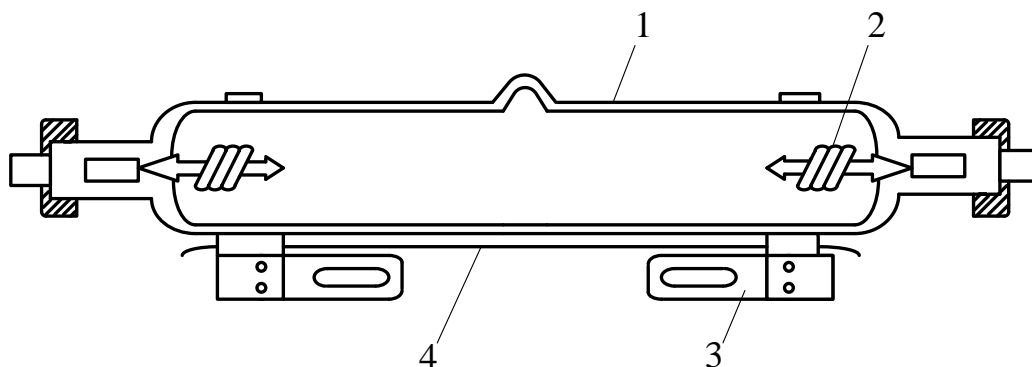
В комплект установки входит несущая проволока диаметром 6 мм, длиной до 90 м и замкнутый стальной ведущий трос диаметром 3 мм для движения облучателей. Возвратно-поступательное движение облучатели совершают при помощи ведущего троса и электродвигателя. Скорость движения облучателей 18 м/ч, потребляемая мощность установки 2,1 кВт.

В предложенной облучательной установке генератором ультрафиолетового излучения является лампа ДРТ400 (рис.2.2), которая состоит из кварцевой стеклянной колбы 1, пропускающей мягкое, ультрафиолетовое излучение. По краям лампы расположены электроды 2. Внутри колбы закачивается аргон и дозированное количество ртути. Для крепления лампы в облучатели служат металлические держатели 3. Для облегчения зажигания лампы, между держателями расположена лента из медной фольги.



1 – несущая проволока; 2 – ведущий трос; 3 – роликовая каретка; 4 – облучатель с лампой ДРТ 400; 5 – шкаф управления; 6 – кабель питания облучателей; 7 – приводная станция

Рисунок 2.1 – Конструкция облучательной установки УО-4М



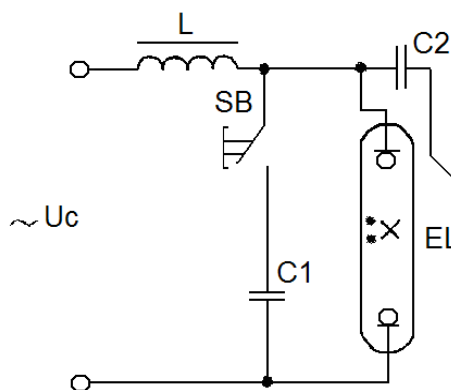
1 – кварцевая трубчатая колба; 2 – вольфрамовый электрод с оксидным слоем; 3 – держатель; 4 – лента из медной фольги

Рисунок 2.2 – Лампа ДРТ400

Для включения лампы в сеть необходима пускорегулирующая аппаратура. Лампа включается последовательно с дросселем L , предназначены для ограничения тока и стабилизации разряда в лампе (рис.2.3).

Для получения зажигающего импульса высокого напряжения служат кнопка SB и конденсатор $C2$, которые включены параллельно лампе. Импульс

напряжения происходит за счет взаимодействия дросселя и конденсатора. Разогрев лампы происходит 5...10 минут после ее зажигания. С разогревом лампы давление в ней возрастает, образуется яркий светящийся шнур разряда с температурой 600...800К, происходит изменение электрических и светотехнических характеристик лампы. После чего в лампе устанавливается рабочий режим.



EL – лампа; L – дроссель; SB – кнопочный выключатель; C1, C2, – конденсаторы

Рисунок 2.3 – Схема включения лампы ДРТ

Отклонение напряжения сети оказывает значительное влияние на светотехнические и электрические параметры лампы, при отклонения напряжения, как в большую сторону, так и в меньшую, поток излучения изменяется количественно и качественно.

Характер распределения потока излучения подвижных облучателей косинусный. Это необходимо учитывать при расчете облучателей.

Сила излучения облучателя, эр/ср:

$$I_{\alpha} = \frac{F_{л} \cdot [(90 - \gamma) + (90 + \gamma) \cdot \rho]}{\sqrt{45 \cdot \alpha_{к} \cdot \pi}}, \quad (2.6)$$

где $F_{эр}$ – эритемный поток лампы, эр;

γ – защитный угол облучателя, град.;

ρ – коэффициент отражения поверхности облучателя, о.е.

При расчётах необходимо иметь в виду, что $\alpha_{к} + \gamma = 90^{\circ}$. В реальных условиях из-за наличия ограждения животного может оказаться либо $\alpha_{к} < 90 - \gamma$, либо $\alpha_{к} > 90 - \gamma$. В первом случае в расчётную формулу подставляют не фактическое значение защитного угла, а $\gamma = 90 - \alpha_{к}$, во втором случае берут фактическое значение защитного угла и $\alpha_{к} = 90 - \gamma$.

Одним из основных параметров которые нужно определить, является высота подвеса облучателя над спиной животных или птицу.

Наиболее часто встречающиеся формы тел облучаемых объектов – плоскость, сфера и цилиндр, м:

для плоского объекта,

$$h = \left[0,5 \cdot I_{\alpha} \cdot k_{\text{з}} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{к}} \cdot \pi}{90} + \sin 2\alpha_{\text{к}} \right) \right] \cdot \frac{n}{A_{\text{э}} \cdot v}, \quad (2.7)$$

для сферического объекта,

$$h = (I_{\alpha} \cdot k_{\text{з}} \cdot \sin \alpha_{\text{к}}) \cdot \frac{n}{A_{\text{э}} \cdot v}, \quad (2.8)$$

для цилиндрического объекта, ось которого перпендикулярна направлению силы излучения,

$$h = (1,28 \cdot I_{\alpha} \cdot k_{\text{з}} \cdot \sin \alpha_{\text{к}}) \cdot \frac{n}{A_{\text{э}} \cdot v}, \quad (2.9)$$

где h – высота прохода облучателей над объектом, м;

$k_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, зависящий от срока службы источника излучения;

$\alpha_{\text{к}}$ – наибольшее значение угла между направлением потока от источника на объект облучения и вертикалью в процессе облучения, зависящий от защитного угла облучателя;

n – число проходов облучателей над объектом;

$A_{\text{э}}$ – доза облучения объекта, мэр·ч/м²;

v – скорость перемещения облучателей, м/ч.

Длина хода передвижной установки, м:

$$L = a/N - 0,58 \cdot h, \quad (2.10)$$

где a – длина помещения, м;

N – число облучателей в одном ряду вдоль помещения.

Средняя облучённость для объектов так же зависит от их формы, мэр/м²:

$$E_{\text{пл.ср}} = 2 \cdot I_{\alpha} \cdot \cos \alpha_{\text{к}} / (k_{\text{з}} \cdot h \sqrt{l^2 + 4h^2})$$

$$E_{\text{сф.ср}} = I_{\alpha} / (k_{\text{з}} \cdot h \sqrt{l^2 + 4h^2}) \quad (2.11)$$

$$E_{\text{ц.ср}} = 1,28 \cdot I_{\alpha} / (k_3 \cdot h \sqrt{l^2 + 4h^2})$$

где $l=2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \alpha_k$.

Рассчитанную облучённость сравнивают с допустимыми значениями для конкретного объекта.

При этом должно соблюдаться соотношение:

$$K_3 \cdot Z \cdot E_{\text{ср}} \leq E_{\text{доп}}, \quad (2.12)$$

где Z – коэффициент минимальной облучённости.

Продолжительность работы облучателей, ч:

$$t = A_3 / E_{\text{ср}} + b \cdot t_{\text{раз}}, \quad (2.13)$$

где b – коэффициент, учитывающий отличие эффективного потока лампы в процессе разгорания от потока разогретой лампы (для нормального включения лампы $b=0,7$, для ускоренного $b=0,35$);

$t_{\text{раз}}$ – время полного разгорания лампы, оно равно 5...10 мин в зависимости от условий окружающей среды.

Время работы облучателей в сутки, ч:

$$t = t_1 n = Ln / V, \quad (2.14)$$

где t_1 – время одного полного прохода облучателей, ч.

Пример 2.1. Рассчитать подвижную ультрафиолетовую установку УО-4М в помещении для содержания телят. Длина помещения 76м.

Сила излучения облучателя $I_{\text{э.о.}}$, эр/ср, рассчитывается по формуле (2.6):

$$I_{\text{э.о.}} = \frac{4750[(90 - 30) + (90 + 30)0,4]}{3,14^2 \sqrt{45 \cdot 60}} = 0,98 \approx 1 \text{ эр/ср.}$$

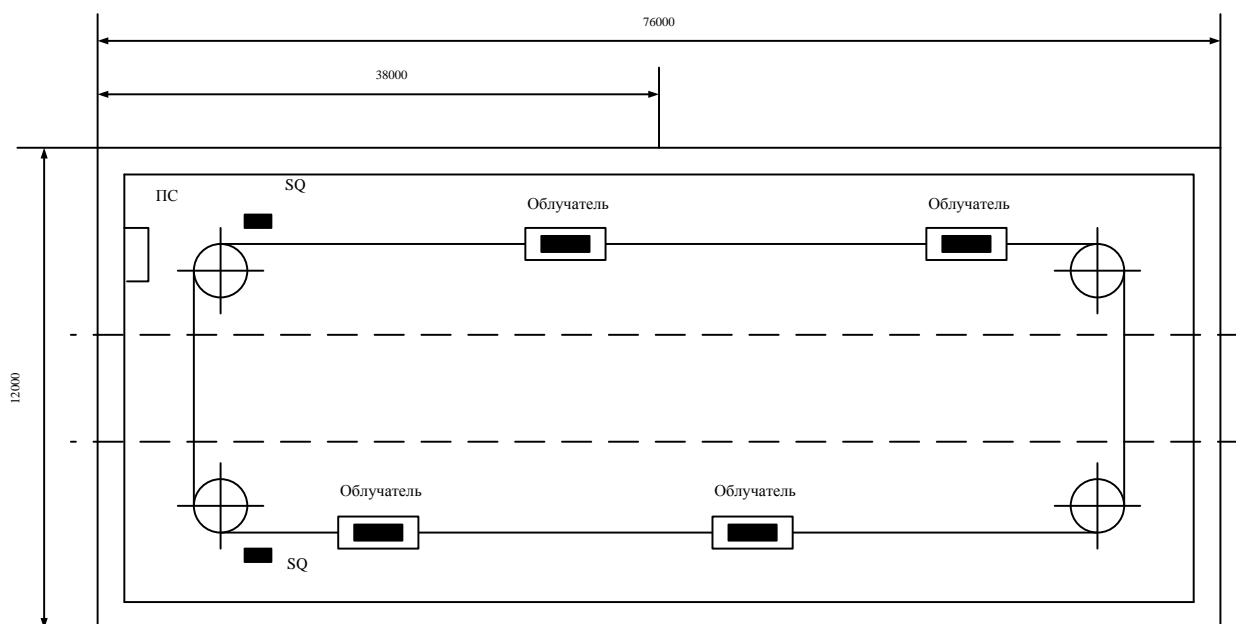
Высота подвеса облучателей над объектом облучения (телятами) h , м, рассчитывается по формуле (2.9):

$$h = 1,28 \cdot 1 \cdot 2,26 \cdot 0,866 \frac{2}{0,18 \cdot 18} = 1,56 \text{ м.}$$

Длина хода облучательной установки L , м, рассчитывается по формуле (2.10):

$$L = 76/2 - 0,58 \cdot 1,56 = 37,1\text{м.}$$

Размещение облучательной установки телятнике на рис.2.4.



ПС – приводная станция и шкаф управления; SQ – путевые выключатели

Рисунок 2.4 – Размещение облучательной установки

Средняя облученность телят E , эр/м², рассчитывается по формуле (2.11):

$$l = 2h \cdot \operatorname{tg}\alpha_k = 2 \cdot 1,55 \cdot \operatorname{tg}60 = 5,36.$$

$$E = (1,28 \cdot 1) / (2,26 \cdot 1,56 \sqrt{5,36^2 + 4 \cdot 1,56^2}) = 0,06 \text{ эр/м}^2.$$

Сравнивается средняя облученность с допустимой облученностью по выражению (2.12):

$$2,26 \cdot 1,28 \cdot 60 = 174\text{мэр/м}^2.$$

$$174\text{мэр/м}^2 < 570\text{мэр/м}^2.$$

Время облучения животных t , ч, к концу срока службы лампы, рассчитывается по формуле (2.13):

$$t = 180/60 + 0,7 \cdot 0,12 = 3,08\text{ч.}$$

Время работы облучательной установки в сутки $t_{\text{сут}}$, ч, рассчитывается по формуле (2.14):

$$t_{\text{сут}} = (37,1 \cdot 2)/18 = 4,1 \text{ ч.}$$

2.3. Установки для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением

Необходимый бактерицидный поток определяется по формуле, Φ_b , бк, определяется по формуле:

$$\Phi_b = -Q \cdot \alpha \cdot K_\delta \cdot (B/B_0) / (1563,4 \cdot \eta_u \cdot \eta_b), \quad (2.15)$$

где Q – количество воды, облучаемой в единицу времени, м³/ч;

α – коэффициент поглощения воды, выбираемый в зависимости от источника водоснабжения, 1/см;

K_δ – коэффициент сопротивляемости бактерий, находящихся в воде (за расчётную принимают сопротивляемость кишечной палочки Коли $K_\delta = 2400 \dots 2540$), мкб·с/см²;

B – допустимое после обеззараживания количество бактерий в 1 л воды (допускается $B=3$, но для повышения надёжности в расчётах следует брать $B=1$);

B_0 – количество бактерий в 1 л воды перед началом обработки (ГОСТ допускает $B_0 \leq 1000$); η_u – коэффициент использования потока ламп;

η_b – коэффициент ослабления бактерицидного потока в слое воды толщиной h .

Коэффициент использования потока лампы, η_u , о.е., определяется по формуле:

$$\eta_u = \alpha_{отр} + \rho_\delta \cdot (360 - \alpha_{отр}) / 360, \quad (2.16)$$

где $\alpha_{отр}$ – центральный угол в градусах между прямыми, соединяющими источник и ближайшие края отражателя (для обеззараживающей установки с одной лампой, значение этого угла от 120 до 150°. В установках с несколькими лампами $\alpha_{отр} \geq 180^\circ$);

ρ_δ – коэффициент отражения бактерицидного потока поверхностью отражателя установки.

Коэффициент ослабления бактерицидного потока в слое воды, η_b , о.е., определяется по формуле:

$$\eta_b = 1 - e^{-\alpha h}, \quad (2.17)$$

где α – коэффициент поглощения воды, 1/см;

h – толщина слоя воды см.

Глубина потока (толщина слоя) воды, $h_{см}$, определяется по формуле:

$$h = -\lg \cdot (1 - \eta_v) / (\alpha \cdot l_{ge}). \quad (2.18)$$

Глубину потока принимают такой, чтобы значение $\eta_v = 0,9$.

Пример 2.2. Рассчитать установку с непогружными источниками бактерицидного излучения для обеззараживания воды при расходе $Q = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Максимальное содержание бактерий в 1 л воды $B_0 = 1000$, допустимое после обеззараживания количество бактерий в 1 л воды $B = 1$. Коэффициент сопротивляемости бактерий $k = 2500 \text{ мкб} \cdot \text{с}/\text{см}^2$. Коэффициент поглощения воды $\alpha = 0,2 \text{ 1}/\text{см}$, коэффициент ослабления потока излучения в воде $\eta_v = 0,9$. Для обеззараживания воды используется лампа ДБ15, с бактерицидным потоком $\Phi_{б.л.} = 2,5 \text{ бк}$. Лампа размещена в отражателях с коэффициентом отражения $\rho_6 = 0,6$ и углом $\alpha_{отр} = 180^\circ$. Общая ширина лотков $b_0 = 45 \text{ см}$, скорость движения воды в лотках $v = 0,25 \text{ м}/\text{с}$. Лампы установлены одна от другой на расстоянии $l_{л.} = 12 \text{ см}$.

Коэффициент использования бактерицидного потока $\eta_{и.}$ о.е., определяется по формуле (2.16):

$$\eta_{и.} = \frac{180 + 0,6(360 - 180)}{360} = 0,8 \text{ о.е.}$$

Необходимый бактерицидный поток Φ_6 , бк, определяется по формуле (2.15):

$$\Phi_6 = \frac{-15 \cdot 0,2 \cdot 2500 \cdot \lg 0,001}{1563,4 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 20 \text{ бк.}$$

Необходимое число ламп N , шт, определяется по формуле:

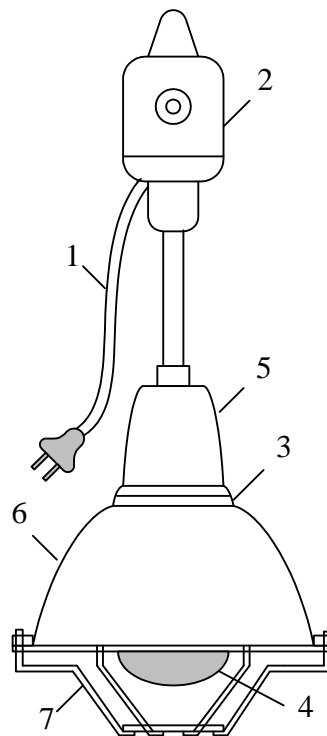
$$N = \frac{\Phi_6}{\Phi_{б.л.}} = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ шт.}$$

Толщина обеззараживаемого слоя воды h , см, определяется по формуле:

$$h = \frac{-\lg(1 - 0,9)}{0,2 \cdot 0,433} = 11,5 \text{ см.}$$

2.4. Инфракрасные облучательные установки

Инфракрасные облучательные установки используются в сельскохозяйственном производстве как устройства локального обогрева (рис.2.5).



1 – шнур; 2 – узел подвеса; 3 – прокладка; 4 – лампа;
5 – корпус; 6 – колпак; 7 - сетка

Рисунок 2.5 – Инфракрасный облучатель

Инфракрасный облучатель состоит из аппаратуры с патроном для лампы ИКЗК-250, металлического козырька, защитного колпака, металлической защитной сетки. Колпак жестко крепится к лапкам козырька тремя винтами и откидывается при замене лампы или её чистки. Арматура состоит из пластмассового корпуса, внутри которого расположен фарфоровый патрон типа E27. Внутренний монтаж выполнен термостойкими проводами. Металлический козырек крепится к корпусу винтами с шайбами. Облучатель подсоединяется к сети с помощью шнура или кабеля. Высота подвеса облучателей устанавливается в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Если в качестве источников ИК – излучения применяют не только лампы типа ИКЗК, как лампы накаливания других типов, то для приближённого определения необходимой облучённости молодняка сельскохозяйственных животных и птицы используют выражение, Вт/м²:

$$E_x = A_q - \alpha_T \cdot t, \quad (2.15)$$

где A_q – постоянная потеря теплоты, зависящая от вида животного и способа его содержания, Вт/м²;

α_t – коэффициент теплоотдачи телом животного, зависящий от влажности воздуха, его движения внутри помещения, влажности пола, вида и возраста животного, Вт/(м²·°С);

t – температура окружающей среды, °С.

Для расчётов значения A_q и α_t берут из табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Постоянная потеря теплоты и коэффициент теплоотдачи

Вид животного (птицы)	A_q , Вт/м ²	α_t , Вт/(м ² ·°С)
Поросята:		
на глубокой подстилке	188	9,5
без подстилки	215	9,5
Телята	215	9,5
Ягнята	150	9,5
Птица	290	9,5

По графическим зависимостям между площадью облучения A, высотой подвеса h и облучённостью E_{100} (от лампы мощностью 100 Вт) определяется условная облучённость, а уже по ней необходимая мощность лампы, Вт:

$$P_{л}=100 \cdot E_x / (E_{100} \cdot \eta_u \cdot \eta_{сф}), \quad (2.16)$$

где η_u – доля мощности, преобразованной в лучистый поток (для ламп накаливания $\eta_u=0,8 \dots 0,9$);

$\eta_{сф}$ – доля излучения через колбу лампы или внешний светофильтр (для прозрачной колбы $\eta_{сф}=1$, для колбы ламп типа ИКЗС $\eta_{сф}=0,84$, для колбы ламп ИКЗК $\eta_{сф}=0,76$).

По расчётной мощности выбирается стандартную лампу.

2.5. Комбинированные облучательные установки

В настоящее время в сельском хозяйстве для комбинированного облучения (ультрафиолетового и инфракрасного) используются облучатели «ИКУФ» и «Луч». Однако наибольшее распространение получил облучатель «Луч» (рис.2.6).

Облучательная установка состоит из жестяного корпуса. В ней расположены две инфракрасные лампы ИКЗК-220-250 и одна ультрафиолетовая лампа ЛЭ-15 с отражателем. Поток излучения инфракрасных ламп может быть перераспределен в необходимом направлении в пределах угла от 0° до 45°. тепловой поток излучения инфракрасных ламп зависит от подводимого напряжения. Поэтому для регулирования напряжения используется трансформатор напряжения, что позволяет регулировать поток излучения лампы.

Для защиты источников излучения от механических повреждений в облучателе предусмотрена защитная решетка.

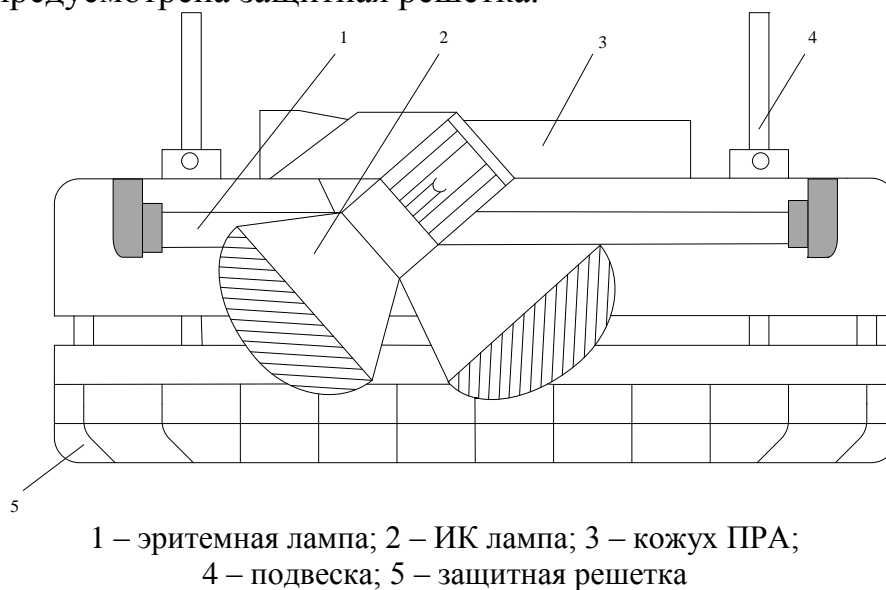


Рисунок 2.6 – Конструкция облучателя «Луч»

В облучателе установлены две лампы типа ИКЗК (инфракрасные зеркальные красного цвета) (рис.2.7).



Рисунок 2.6 – Лампа ИКЗК

Для перераспределения потока излучения лампы в нижнюю полусферу, поэтому её верхняя часть купола покрыта зеркальным отражателем. Для того, чтобы свет не мешал отдыху животных в ночное время, лампы выпускают с красным или синим светофильтрами.

Для ультрафиолетового облучения в установке установлена люминесцентная эритемная лампа ЛЭ.

Лампа ЛЭ представляет собой трубку из увиолевого стекла хорошо пропускающего мягкое ультрафиолетовое излучение, внутренняя поверхность колбы покрыта слоем специального люминофора, преобразующего ультрафиолетовое излучение с длиной волны 254 нм в ультрафиолетовое излучение длиной волны 315 нм .

Основной задачей расчета инфракрасных облучателей в телятнике является определение высоты их подвеса над спинами животных.

Потребная инфракрасная облученность $E_{ик}$, Вт/м², определяется по формуле:

$$E_{ик} = (E_o - s \cdot t) \cdot (1 - D / L), \quad (2.17)$$

где E_o – оптимальная облученность для новорожденного теленка, находящего в помещении, Вт/м²;

s - температурный градиент облученности, Вт/м²·град;

D - возраст животного, дн.;

L - число дней полной температурной адаптации животного, дн.

Расстояние от одной ИКЗК – лампы до спины животного h , м, определяется по формуле:

$$h = \sqrt{\frac{I_{\alpha o}}{E_{ик} \cdot Z}}, \quad (2.18)$$

где $I_{\alpha o}$ - сила излучения зеркальной лампы или светильника в направлении угла α , Вт/ср;

Z = коэффициент неравномерности облученности.

Для ультрафиолетового облучения в облучатели используется люминесцентная эритемная лампа ЛЭ-15.

Витальная облученность $F_{вит}$, мвит/м², определяется по формуле:

$$F_{вит} = \frac{\Phi_{вит} \cdot \eta \cdot \cos^2 \alpha}{\pi^2 \cdot h^2}, \quad (2.19)$$

где $\cos \alpha$ – угол падения луча на облучаемого животного.

Пример 2.3. Рассчитать комбинированную облучательную установку в помещении для содержания телят. Температура воздуха в зоне содержания животных +12°C. Полная адаптация животных 100 дней.

Потребная инфракрасная облученность $E_{ик}$, Вт/м², определяется по формуле (2.17):

$$E_{ик} = (400 - 25 \cdot 12) \cdot (1 - 3 / 100) = 97 \text{ Вт / м}^2.$$

Расстояние от одной ИКЗК – лампы до спины животного h , м, определяется по формуле (2.18):

$$h = \sqrt{\frac{55}{97 \cdot 1,4}} = 0,64 \text{ м.}$$

Витальная облученность $F_{\text{вит}}$, мвит/м², определяется по формуле (2.19):

$$F_{\text{вит}} = \frac{300 \cdot 0,7 \cdot 0,7^2}{3,14^2 \cdot 0,64^2} = 22,5 \text{ мвит/м}^2.$$

Биодоза для телят до 6 месяцев 130 мвит.ч/м².

Время облучения в сутки:

$$\tau_n = \frac{130}{22,5} = 5,8 \text{ ч.}$$

Задания

Задача 2.1. Рассчитать облучательную установку УО-4, с лампой ДРТ400, для стойлового содержания коров. Длина помещения $a = 62$ м. Коэффициент запаса с учетом срока службы для лампы ДРТ 400 $k_3 = 2,26$. Пространственное распределение эритемного потока под облучателем косинусное в пределах угла $\alpha_k = 60^\circ$, защитный угол облучателя $\gamma = 30^\circ$. Число облучателей в одном ряду $N = 2$. Число проходов облучателей над животными $n=4$. Скорость облучательной установки $v = 18$ м/ч. Коэффициент отражения облучателя $\rho = 0,4$. Эритемный поток лампы ДРТ400 $\Phi_3 = 4750$ мэр. Доза облучения коров $A_3 = 270$ мэр·ч/ м².

Задача 2.2. Рассчитать установку с непогружными источниками бактерицидного излучения для обеззараживания воды при расходе $Q = 18$ м³/ч.. Для обеззараживания воды используется лампа ДБ15, с бактерицидным потоком $\Phi_{\text{б.л.}} = 2,5$ бк. Лампа размещена в отражателях с коэффициентом отражения $\rho_6 = 0,6$ и углом $\alpha_{\text{отр}} = 180^\circ$. Общая ширина лотков $b_0 = 60$ см, скорость движения воды в лотках $v = 0,3$ м/с. Лампы установлены одна от другой на расстоянии $l_n = 15$ см.

3. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Питание осветительных сетей осуществляется как правило переменным током, напряжением 220В. Линии трехпроводные, прокладываются открыто.

Осветительные щиты следует располагать вблизи основного рабочего входа в здание; по возможности в центре питаемых нагрузок; в местах, удобных для обслуживания и с благоприятными условиями среды,

недоступных для случайных повреждений (чтобы были видны хотя бы частично управляемые светильники); с учётом подхода питающих линий.

Питание рабочего освещения должно быть от отдельного ввода. Однако допускается питание осветительных щитков от общего с силовой нагрузкой ввода при условии, что питающая линия обеспечит на вводе отклонение напряжения от номинального, не выходящие за допустимые пределы ± 5 и $- 2,5\%$.

После размещения осветительных щитков все светильники делят на группы. При этом всю нагрузку вначале делят равномерно на три части (по числу фаз питающей сети), а затем нагрузку каждой фазы делят на группы с учётом рекомендаций:

- каждая групповая линия должна иметь на фазе не более 20 светильников с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, натриевыми и не более 50 светильников с люминесцентными лампами;

- каждая групповая линия с лампами накаливания мощностью до 500 Вт, люминесцентными лампами и штепсельными розетками должна быть защищена автоматом или предохранителем на ток не более 25 А, а линии с лампами накаливания мощностью свыше 500 Вт или с лампами ДРЛ – не более 63 А.

Марку проводов осветительной сети и способ их прокладки определяют в соответствии с условиями окружающей среды.

Расчёт и выбор сечения проводов осветительной сети обеспечивает: отклонение напряжения у источников света в допустимых пределах; нагрев проводов не выше допустимой температуры; достаточную механическую прочность проводов.

Поэтому сечение проводов обычно рассчитывают по допустимой потере напряжения, а затем проверяют по нагреву и механической прочности. При этом индуктивное сопротивление проводов внутренних осветительных сетей можно не учитывать. Индуктивное сопротивление осветительной нагрузки не учитывают, так как коэффициент мощности не ниже 0,9.

Таблица 3.1 - Провода и кабели для сельскохозяйственных осветительных сетей

Вид проводки	Марка провода, кабеля	Способ прокладки	Характеристика помещения
Открытая в несгораемых конструкциях	АПВ, АПРВ	на роликах	нормальная среда
То же	АВВГ, АПВГ, АНРГ, АВРГ	на скобах	во всех, кроме взрывоопасных "в"
Открытая в несгораемых конструкциях	АПП, АПВ, АПРТО	в трубах	во всех
Тросовая	АВТС-1, АВТС-2	с несущим стальным тросом	в животноводческих
Скрытая и открытая	АПРТО, АПВ	в стал. трубах	в пожароопасных "П"
Скрытая в несгораемых конструкциях	АПШВ, АПВ, АПРВ, АПН	в трубах под штукатуркой	во всех кроме "П" и "В"

Площадь сечения проводов, мм²:

$$S = \frac{\sum M_b + \alpha \cdot \sum m}{C \cdot \Delta U}, \quad (3.1)$$

где $\sum M_b$ - сумма моментов нагрузки на вводе, кВт·м;

α - коэффициент приведения моментов, 1,85;

$\sum m$ - сумма моментов нагрузки на группах, кВт·м;

C - коэффициент, зависящий от напряжения, числа фаз и материала проводника;

ΔU - потери напряжения.

Таблица 3.2 - Значение коэффициента C для сети напряжением 380\220В

Вид сети	Алюминиевый провод	Медный провод
Трёхфазный с нулевым	46	77
Двухфазный с нулевым	19,5	34
Однофазный	7,4	12,8

Для внутренних осветительных сетей при номинальном напряжении на вводе допустимая потеря равна 2,5%, кроме жилых зданий, для которых это значение, как и для наружного и аварийного освещения, равно 5%. Обычно рекомендуют из приведённых значений допустимые потери напряжения оставлять 0,2...0,3% на потери ввода в помещении. В сетях напряжением до 42 В потеря напряжения допускается 10%, считая от вторичных выводов понижающих трансформаторов.

Моменты нагрузок определяются от самой удалённой от осветительного щита точки с наибольшей мощностью. Нагрузки потребителей ответвлений прикладывают к точке ответвлений. Любую равномерно распределённую нагрузку можно заменять равнодействующей, приложенной в центре нагрузки.

Сумма моментов нагрузки на вводе и групповых линиях $\sum M_b$, кВт·м:

$$\sum M_b = P \cdot L, \quad \sum m = P_i \cdot L_i, \quad (3.2)$$

где P - мощность нагрузке на вводе, кВт;

L - длина ввода, м;

P_i - мощность нагрузки в линии, кВт;

L_i - длина линии, м.

Расчётный ток кабеля $I_{расч}$, А:

$$I_{расч} = \frac{\sum P}{\sqrt{3 \cdot U \cdot \cos \varphi}}, \quad (3.3)$$

где $\sum P$ - суммарная мощность осветительной установки, Вт;

$\cos\phi$ – коэффициент мощности осветительной сети, о.е.

Окончательно выбранная площадь сечения должна быть не меньше расчётного значения и удовлетворять соотношениям.

После выбора площади сечения проводов определяют полные потери напряжения в каждой группе от ввода до наиболее удалённого источника света.

Потери напряжения на вводе ΔU , %:

$$\Delta U = \frac{\sum M_{\text{в}}}{C \cdot S} \quad (3.4)$$

Потери напряжения на группах вычисляются аналогично.

Таблица 3.3 - Длительный допустимый ток (А) для проводов с алюминиевой и медной жилами

Площадь сечения провода, мм ²	Способ прокладки проводов			
	открытый	открытый в трубах при числе жил		
		2	3	4
1,5	-(23)	-(19)	-(17)	-(16)
2,5	24(30)	20(27)	19(25)	19(25)
4,0	32(41)	28(38)	28(35)	23(30)
6,0	39(50)	36(46)	32(42)	30(40)
10,0	60(80)	50(70)	47(60)	39(50)

Таблица 3.4 - Осветительные групповые щиты

Тип щита	Аппаратура управления и защиты				
	на вводе	на группах			
		число групп	тип аппарата	число полюсов аппарата	номинальный ток рацепителя
ОП-3	-	3	ВА47-29	1	16,20,25
ОП-6	-	6		1	
ОП-9	-	9		1	
ОП-12	-	12		1	
ЯОУ -1805	ВА47-29	6	ВА47-29	1	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10;12,5; 16; 20;25 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
ЯОУ -8502		12		1	
ЯОУ-8503		6		1	
ЯОУ-8504		2		3	
ЩКИ-8501	-	3	ВА47-29	1	16; 25
ЩКИ-8503	-	3		1	
ЩКИ-8505	-	3		1	
ЩКИ-8507	-	3		1	
ОЩ-6	-	6	ВА47-29	1	15; 20; 25;30; 40;50
ОЩ-12	-	12		1	
ОЩВ-6	ВА47-29	6		1	

Для сельскохозяйственных объектов наиболее широко применяют щитки типов ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ОП, ЯОУ и др.

Все осветительные установки должны быть защищены от короткого замыкания. От перегрузок должны иметь защиту сети: внутри помещений, проложенные открыто проводом с горючей оболочкой; в пожаро- и взрывоопасных помещениях; жилых и общественных зданиях, торговых и служебно-бытовых помещениях, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях.

Для защиты осветительных сетей применяются автоматические выключатели (автоматы). Автоматы с мгновенно действующими расцепителями для защиты осветительных сетей не применяют. В групповых осветительных сетях используют автоматы с тепловыми расцепителями, в питающих сетях – автоматы с комбинированными расцепителями.

Автоматические выключатели выбирают согласно условий:

$$U_{н.в.} \geq U_c; I_{н.в.} \geq I_{расч.}; I_{н.расц.} \geq I_{расч.} / k_{щ}, \quad (3.5)$$

где $U_{н.в.}$ - номинальное напряжение автоматического выключателя, В;

U_c - напряжение сети, В;

$I_{н.в.}$ - ток номинальный автоматического выключателя, А;

$I_{расч.}$ - расчётный ток группы;

$I_{расц.}$ - ток номинальный комбинированного расцепителя, А;

$K_{щ}$ - коэффициент, учитывающий нагрев окружающей среды в электрощитах.

Расчетный ток группы $I_{расч.}$, А:

$$I_{расч.} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (3.6)$$

где P - мощность линии, Вт;

U - напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности, о.е.

Проверяется автоматический выключатель на правильность срабатывания теплового расцепителя, согласно условий:

$$I_{с.п.} \geq I_{ср.теп.} \quad (3.7)$$

$$I_{с.п.} = 1,3 \cdot I_{н.расц.} \quad (3.8)$$

$$I_{ср.теп.} = 1,25 \cdot I_{расч.}$$

где $I_{с.п.}$ - ток срабатывания защиты от перегрузки, А;

$I_{\text{ср.теп.}}$ - расчётный ток теплового расцепителя; А.

Пример 3.1. Рассчитать проводниковый материал для осветительной сети выполненной светодиодными светильниками SENAT Hermes (рис. 3.1), и выбрать автоматические выключатели.

Схема замещения осветительной сети, с указанием мощности и длины линии.

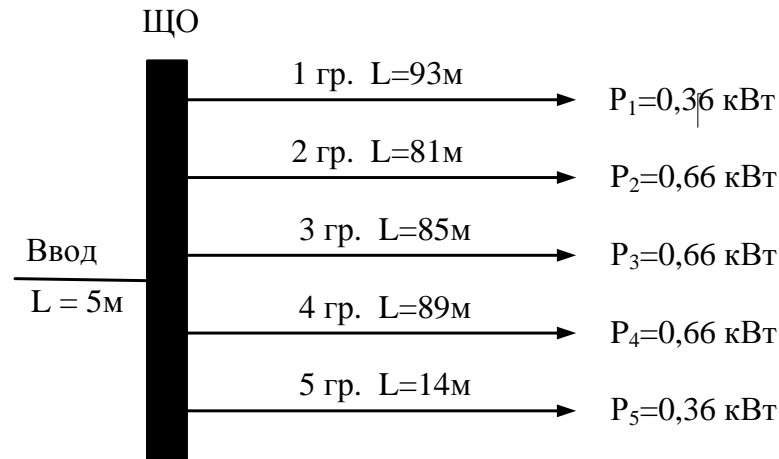


Рисунок 3.1 – Схема замещения осветительной сети

Сумма моментов нагрузки на вводе и групповых линиях $\Sigma M_{\text{в}}$, кВт·м, по формуле (3.2):

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{в}} &= 2,68 \cdot 10 = 26,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_1 &= 0,36 \cdot 93 = 32,55 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Моменты остальных групп рассчитываются аналогично.

$$\begin{aligned} \Sigma m_2 &= 53,46 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_3 &= 56,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_4 &= 58,74 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_5 &= 5,04 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Сечение провода на вводе в здание $S_{\text{в}}$, кВт·м, по формуле (3.1):

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{в}} &= 2,68 \cdot 10 = 26,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_1 &= 0,36 \cdot 93 = 32,55 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Моменты остальных групп рассчитываются аналогично.

$$\begin{aligned} \Sigma m_2 &= 53,46 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \\ \Sigma m_3 &= 56,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

$$\sum m_4 = 58,74 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

$$\sum m_5 = 5,04 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

$$S = \frac{26,8 + 1,85 \cdot (32,55 + 53,46 + 56,1 + 58,74 + 5,04)}{77 \cdot 5} = 1,06 \text{ мм}^2.$$

Для питания осветительной установки предлагается использовать кабель ВВГ - 5x4 мм² (медная жила; В – поливинилхлоридная оболочка; В – поливинилхлоридная изоляция; Г – отсутствие брони и покрова).

Расчётный ток кабеля $I_{\text{расч}}$, А, по формуле (3.3):

$$I_{\text{расч}} = \frac{2680}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 4,52 \text{ А}.$$

4,52А < 35А, кабель по нагреву проходит.

Потери напряжения на вводе ΔU , %, по формуле (3.4):

$$\Delta U = \frac{2,68}{77 \cdot 5} = 0,01 \text{ \%}.$$

Выбирается автоматические выключатели согласно условий (3.5).

Расчетный ток группы $I_{\text{расч}}$, А, по формуле (3.6):

$$I_{\text{расч}} = \frac{360}{220 \cdot 0,9} = 1,8 \text{ А}.$$

Для первой группы выбирается однополюсный автоматический выключатель ВА 47-29-1С; $I_{\text{н.в.}} = 63 \text{ А}$; $I_{\text{н.расц.}} = 2,5 \text{ А}$.

230В > 220В; 63А > 1,8А; 2,5А > 2А - условия выполняются.

Для остальных групп автоматические выключатели выбираются аналогично.

Проверяется автоматический выключатель на правильность срабатывания теплового расцепителя, согласно условий (3.7, 3.8):

$$I_{\text{с.п.}} = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ср.теп.}} = 1,25 \cdot 1,8 = 2,25 \text{ А}.$$

$$3,25 \text{ А} > 2,25 \text{ А}.$$

Выбирается осветительный щит типа ЩРН – 9 (3) (Щ – щит; Р – распределительный; Н – навесной; на 9 модулей; 3 – с замком), комплектуется автоматическими выключателями ВА 47-29.

Задания

Задача 3.1. Установка типа ОВУ-6П с лампами ДБ60 для обеззараживания воды расположена на расстоянии 50 м от питающего щита. Рассчитать и выбрать кабель для подключения установки к сети.

Задача 3.2. Осветительная установка содержит 20 светильников типа ЛСП22 с двумя лампами ЛБ-36. Определить сечение провода ВВГ, необходимого для питания светильников, если расстояние между крайними светильниками равно 40 м, расстояние от группового щита до первого светильника 7,5 м.

4. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

4.1. Электрообогреваемый пол

Электрообогреваемые полы применяются как для общего, так и для местного обогрева. На выделенных участках пола выкапывают углубление 0,3...0,6 м, дно уплотняют. Затем послойно укладывают щебень, бетонную стяжку, гидроизоляцию. Для сокращения потерь теплоты через грунт, насыпают слой тепловой изоляции и заливают ее бетоном, на который укладывают нагревательные элементы. Нагреватели так же заливают бетоном, поверх которого укладывают защитную стальную сетку. Сетка соединяется с нулевым проводом сети. Монтаж заканчивают заливкой бетонной стяжки.

Ширина обогреваемой полосы зависит от вида животных.

Для обогрева пола сельскохозяйственных помещений наиболее часто используют нагревательные провода ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ.

Обогрев пола рассчитывается в следующей последовательности.

Площадь обогрева одной площадки, м²:

$$A = H \cdot L, \quad (4.1)$$

где L – ширина площадки, м;

H – обогреваемая полоса (принимается с учетом вида животного, конструктивных особенностей помещения), м.

Полный поверхностный тепловой поток (удельная поверхностная мощность) обогреваемого пола, Вт/м²:

$$\Phi_A = \frac{\alpha \cdot (t_n - t_b)}{\eta}, \quad (4.2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи пола, (10 Вт/(м² · °С);

η – коэффициент учитывающий потери теплоты в грунт (при наличии гидро- и теплоизоляции $\eta=0,8\dots0,85$);

t_n и t_b – температуры соответственно поверхности пола и воздуха в помещении, °С (принимается в зависимости от вида и возраста группы животных и птицы).

Шаг укладки a и температура $t_{ж}$ поверхности пола – основные расчетные величины электрообогреваемого пола. Их определяют графическим способом путем совместного решения двух уравнений: $t_{ж} = f(\Phi_A, a)$ и $t_{ж} = \varphi(\Phi_A, a)$. Первое уравнение характеризует теплообмен нагревательного провода с окружающей средой, а второе устанавливает связь между электрическими параметрами нагревателя.

Уравнение $t_{ж} = f(\Phi_A, a)$ можно записать на основе закона Ома для тепловой цепи:

$$\Phi = (t_{ж} - t_n) / R_T \quad \text{или} \quad t_{ж} - t_n = R_T \cdot \Phi, \quad (4.3)$$

где $t_{ж}$ t_n – температура соответственно поверхности провода и поверхности пола, °С;

R_T – термическое сопротивление °С/Вт.

Учитывая, что линейный тепловой поток провода равен $\alpha\Phi_A$, а термическое сопротивление теплоотдачи состоит из термического сопротивления изоляции провода $R_{T\text{из}}$ и термического сопротивления пола $R_{T\text{п}}$, для провода длиной 1 м можно записать:

$$\Delta t = t_{ж} - t_n = \Phi_A a (R_{T\text{из}} + R_{T\text{п}}), \quad (4.4)$$

где $R_{T\text{из}}$ и $R_{T\text{п}}$ – соответственно термическое сопротивление изоляции провода и пола, °С/Вт.

Термическое сопротивление изоляции провода длиной 1 м определяется по выражению термического сопротивления цилиндрической стенки, °С/Вт:

$$R_{T\text{из}} = \ln \frac{D}{d} / (2\pi \cdot \lambda_{и}), \quad (4.5)$$

где D – наружный диаметр провода, м;

d – диаметр жилы провода, м;

$\lambda_{и}$ – теплопроводность материала изоляции провода, Вт/(м·°С).

Термическое сопротивление пола можно рассчитать по известному в теории теплопередачи выражению, если параллельно расположенные нагреватели, диаметр и температура которых одинаковы, размещены в полуограниченном массиве, °С/Вт:

$$R_{\tau n} = \eta \cdot \ln \left(\frac{2a}{\pi D} \operatorname{sh} \frac{2\pi h}{a} \right) / (2\pi \cdot \lambda_{\sigma}), \quad (4.6)$$

где $\operatorname{sh} \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{a} = \frac{e^{\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{a}} - e^{-\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{a}}}{2}$ - гиперболический синус;

h – глубина, на которую заложен провод в массив пола, м;

λ_{σ} – теплопроводность бетона, Вт/(м·°С).

С учетом выражений (4.5) и (4.6) отношение (4.4) можно записать в следующем виде:

$$\Delta t = t_{\text{ж}} - t_{\text{н}} = \Phi_{\text{А}} \cdot a \cdot \left[\frac{\ln \frac{D}{d}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{н}}} + \frac{\eta}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\sigma}} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot a}{\pi \cdot D} \cdot \operatorname{sh} \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{a} \right) \right]. \quad (4.7)$$

Для построения кривой $t_{\text{ж}} = f(\Phi_{\text{А}}, a)$ задаются тремя-четырьмя значениями a (например, 0,04; 0,06; 0,08 и 1,0 м) по уравнению (9.7) для этих значений a и принятого значения $\Phi_{\text{А}}$ находят Δt и определяют $t_{\text{ж}} = \Delta t + t_{\text{н}}$.

Уравнение кривой $t_{\text{ж}} = \varphi(\Phi_{\text{А}}, a)$ можно получить из выражений для электрического сопротивления провода длиной 1 м, Ом:

$$R_1 = k_{\text{R}} R_{20} [1 + \alpha_{\text{R}} (t_{\text{ж}} - 20)] = k_{\text{R}} \rho_{20} \frac{4[1 + \alpha_{\text{R}} (t_{\text{ж}} - 20)]}{\pi d^2}, \quad (4.8)$$

$$R_1 = \frac{U_1^2}{a \Phi_{\text{А}}} \cos^2 \varphi \quad (4.10)$$

Приравнивая правые части (9.8) и (9.10) получим:

$$t_{\text{ж}} = \frac{1}{\alpha \cdot R} \left(\frac{\pi \cdot d^2 \cdot U_1^2 \cdot \cos^2 \varphi}{4 \cdot k_{\text{R}} \cdot \rho_{20} \cdot a \cdot \Phi_{\text{А}}} - 1 \right) + 20 \quad (4.11)$$

где U_1 – напряжение провода длиной 1 м, В/м;

k_R – отношение сопротивления стальной проволоки переменному току к сопротивлению стальной проволоки постоянному току при той же температуре ($k_R = 1 + 0,0176d^{2,2}$, где d – диаметр сечения проволоки, мм) ;

ρ_{20} – удельное электрическое сопротивление стальной проволоки, Ом·м.

Чтобы построить кривую $t_{ж} = \varphi(\Phi_A, a)$, по выражению (4.11) для тех же значений шага a определяют температуру $t_{ж}$ поверхности провода.

Построив кривые $t_{ж} = f(\Phi_A, a)$ и $t_{ж} = \varphi(\Phi_A, a)$, находят искомые значения шага укладки a и температуры $t_{ж}$ поверхности провода как координаты точки пересечения этих кривых.

Затем для тех же значений шага укладки и напряжения провода длиной 1 м U_1 , В/м (принимается 1,0-1,5) вычисляется температура жилы провода $t_{ж}$ по выражению (4.11), которое после подстановки постоянных для ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ имеет вид:

$$t_{ж} = 1460 \cdot \frac{U_1^2}{a \cdot \Phi_A} - 200, t_{ж} = 1460 \cdot \frac{U_1^2}{a \cdot \Phi_A} - 180, t_{ж} = 1460 \cdot \frac{U_1^2}{a \cdot \Phi_A} - 300. \quad (4.12)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты расчета обогреваемых полов

a, м	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$t_{п}, ^\circ\text{C}$	$t_{ж} = \Delta t + t_{п}, ^\circ\text{C}$	$t_{ж} = \varphi(\Phi_A, a)$

По результатам расчетов (табл.4.1) строятся кривые $t_{ж} = f(\Phi_A, a)$ и $t_{ж} = \varphi(\Phi_A, a)$. Пример построения кривых (рис.4.1).

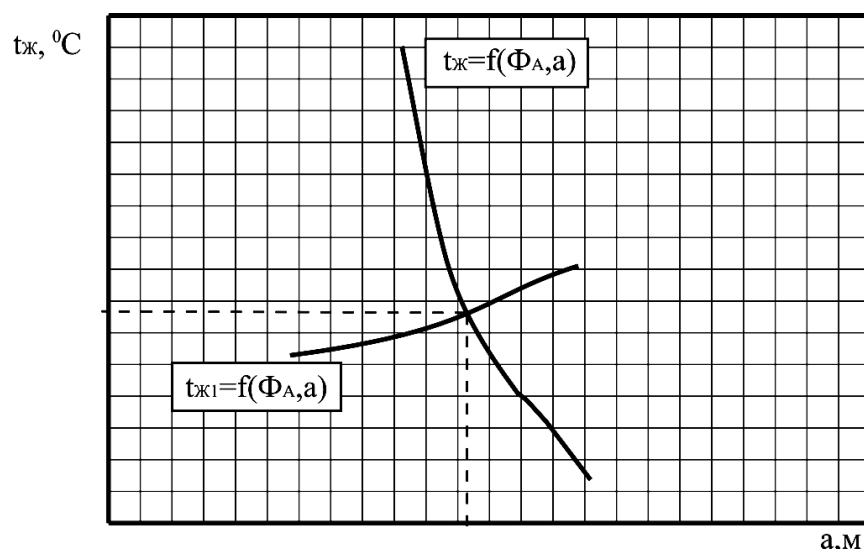


Рисунок 4.1 – Пример графического решения уравнений для нагревательного провода

По кривым (рис. 4.1) определяются a' , $t'_{ж}$. Необходимо убедиться, что полученное значение температуры $t'_{ж}$ допустимо для выбранного провода.

Число параллельных отрезков провода определяется:

$$m = H / a', \quad (4.13)$$

где H – ширина обогреваемой полосы, м.

Принимается m округленное до целого нечетного числа.

Длина провода одной обогреваемой площадки, м:

$$l_1 = m \cdot (L + a'), \quad (4.14)$$

где L – длина обогреваемой полосы, м.

Длина отрезка провода, включаемого на выбранное напряжение (U), при напряжении провода длиной 1 метр (U_1), м:

$$l = U / U_1. \quad (4.15)$$

Для равномерной нагрузки фаз в каждой обогреваемой полосе (H) рекомендуется размещать по три отрезка проводов.

Общая длина трех отрезков провода, м :

$$L = 3 \cdot l. \quad (4.16)$$

Число площадок, обогреваемых тремя отрезками провода:

$$n = L / l_1. \quad (4.17)$$

Принимается целое число n .

Мощность площадок, обогреваемых тремя отрезками проводов, Вт:

$$P = n \cdot \Phi_A \cdot A. \quad (4.18)$$

Мощность отрезка провода, включаемого на напряжение 220В, Вт:

$$P_1 = P / 3. \quad (4.20)$$

Тепловой поток провода длиной 1 м, Вт:

$$\Phi_{\text{пог}} = P_1 / l. \quad (4.21)$$

После расчета необходимо разместить нагревательный провод на плане помещения.

Пример 4.1. Необходимо рассчитать электрообогрев пола в профилактории. Размеры одного ряда клеток 1,5 x 12,5 м, количество рядов $z = 2$. Температура пола для телят до месяца $\theta_{\text{п}}=24^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в помещении $\theta_{\text{в}} = 16^{\circ}\text{C}$. Глубина, на которую заложен провод ПНСВ в массив пола $h = 0,08$ м. Параметры провода: диаметр токопроводящей жилы $d = 1 \times 10^{-3}$ м; наружный диаметр провода $D = 2,6 \times 10^{-3}$ м; теплопроводность изоляции $\lambda=0,17$ Вт/(м·°C), длина нагревательной секции при $U_{\text{с}}=220$ В и $t=20^{\circ}\text{C}$: $L_{\text{П}}=80$ м. Теплопроводность бетона $\lambda_{\text{б}} = 0,85$ Вт/(м·°C).

Примем такую схему укладки проводов, при которой каждый отрезок, включенный на напряжение 220В, используется для обогрева всех клеток данной площадки. В данном случае обеспечиваются надежность устройства, удобное соединение нагревателей и подключение их к сети. При этом на каждой обогреваемой площадке укладывают четное число отрезков провода.

Для равномерной нагрузки фаз в каждой обогреваемой полосе размещают по три отрезка провода.

Площадь обогрева одной полосы на три фазы A , м^2 и определяется по формуле (4.1):

$$A = 1,5 \cdot 12,5 = 18,8 \text{ м}^2.$$

Поверхностная плотность теплового потока $\Phi_{\text{А}}$, Вт/м², определяется по формуле (4.2):

$$\Phi_{\text{А}} = [10(24-16)]/0,8 = 100 \text{ Вт/м}^2.$$

Шаг укладки α и температура $\theta_{\text{ж}}$ поверхности провода – основные расчетные величины электрообогреваемого пола. Их определяют графическим способом путем совместного решения двух уравнений: $\theta_{\text{ж}}=f(\Phi_{\text{А}}, \alpha)$ и $\theta_{\text{ж}}=\varphi(\Phi_{\text{А}}, \alpha)$. Первое уравнение характеризует теплообмен нагревательного провода с окружающей средой, а второе дает связь между электрическими параметрами нагревателя.

Для того что бы построить кривую $\theta_{\text{ж}}=f(\Phi_{\text{А}}, \alpha)$ при поверхностной плотности теплового потока $\Phi_{\text{А}}=100$ Вт/м², для следующих значений шага α укладки провода: 0,2; 0,25 и 0,3 м определяется $\theta_{\text{ж}}$, °C по уравнению:

$$\theta_{\text{ж}} = \Delta\theta + \theta_{\text{П}} = \Phi_{\text{А}} \cdot \alpha \left[\frac{\ln \frac{D}{d}}{2\pi\lambda_{\text{и}}} + \frac{\eta}{2\pi\lambda_{\text{б}}} \ln \left(\frac{2\alpha}{\pi D} \operatorname{sh} \frac{2\pi h}{\alpha} \right) \right] + \theta_{\text{П}} \quad (4.22)$$

где $\operatorname{sh} \frac{2\pi h}{\alpha} = \frac{e^{\frac{2\pi h}{\alpha}} - e^{-\frac{2\pi h}{\alpha}}}{2}$ – гиперболический синус, η – коэффициент, учитывающий потери теплоты в грунт (при наличии гидроизоляции и теплоизоляции $\eta = 0,8 \dots 0,85$).

$$\theta_{\text{ж}} = 100 \cdot \alpha \left[\frac{\ln \frac{2,6}{1}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,17} + \frac{0,8}{2 \cdot 3,12 \cdot 0,85} \cdot \ln \left(\frac{2\alpha}{3,14 \cdot 2,6} \cdot \frac{e^{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,08}{\alpha}} - e^{-\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,08}{\alpha}}}{2} \right) \right] + 24,$$

$$\theta_{\text{ж}} = 100 \cdot \alpha \left[0,895 + 0,15 \cdot \ln \cdot \frac{\alpha \cdot (e^{\frac{0,5024}{\alpha}} - e^{-\frac{0,5024}{\alpha}})}{8,164} \right] + 24.$$

Для $\alpha=0,2$ м:

$$\theta_{\text{ж}} = 100 \cdot 0,2 \left[0,895 + 0,15 \cdot \ln \cdot \frac{0,2 \cdot (e^{\frac{0,5024}{0,2}} - e^{-\frac{0,5024}{0,2}})}{8,164} \right] + 24 = 38,3^{\circ}\text{C}.$$

Для $\alpha=0,25$ м:

$$\theta_{\text{ж}} = 100 \cdot 0,25 \left[0,895 + 0,15 \cdot \ln \cdot \frac{0,25 \cdot (e^{\frac{0,5024}{0,25}} - e^{-\frac{0,5024}{0,25}})}{8,164} \right] + 24 = 40,1^{\circ}\text{C}.$$

Для $\alpha=0,3$ м:

$$\theta_{\text{ж}} = 100 \cdot 0,3 \left[0,895 + 0,15 \cdot \ln \cdot \frac{0,3 \cdot (e^{\frac{0,5024}{0,3}} - e^{-\frac{0,5024}{0,3}})}{8,164} \right] + 24 = 43,4^{\circ}\text{C}.$$

Затем, чтобы построить кривую $\theta_{\text{ж}} = \varphi(\Phi_{\text{A}}, \alpha)$ для тех же значений шага α и напряжения $U_1 = U_c / L_{\text{II}} = 2,75$ В/м вычисляем $\theta_{\text{ж}}$, $^{\circ}\text{C}$ по выражению:

$$\theta_{\text{ж}} = \frac{1}{\alpha_{\text{R}}} \left(\frac{\pi d^2 U_1^2 \cos^2 \varphi}{4 k_{\text{R}} \rho_{20} \alpha \Phi_{\text{A}}} - 1 \right) + 20; \quad (4.23)$$

где α_{R} – температурный коэффициент сопротивления, $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (для стали $\alpha_{\text{R}} = 0,0045$);

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности (для стальной проволоки диаметром 1 мм $\cos \varphi = 1$);

k_{R} – отношение сопротивления стальной проволоки переменному току к сопротивлению стальной проволоки постоянному току при той же температуре ($k_{\text{R}} = 1 + 0,0176 d^{2,2}$, где d – диаметр сечения проволоки, мм);

ρ_{20} – удельное сопротивление стальной проволоки, Ом·м.

Подставляем постоянные величины:

$$\theta_{\text{ж}} = \frac{1}{0,0045} \left(\frac{3,14 \cdot 1^2 \cdot 2,75^2 \cdot 1}{4(1 + 0,0176 \cdot 1^{2,2}) \cdot 0,22 \cdot \alpha \Phi_{\text{A}}} - 1 \right) + 20,$$

получаем:

$$\theta_{\text{ж}} = \frac{5996,3}{\alpha \Phi_{\text{A}}} - 200; \quad (4.24)$$

для $\alpha=0,2$ м: $\theta_{\text{ж}} = \frac{5996,3}{0,2 \cdot 100} - 200 = 99,8^{\circ}\text{C}$;

для $\alpha=0,25$ м: $\theta_{\text{ж}} = \frac{5996,3}{0,25 \cdot 100} - 200 = 39,9^{\circ}\text{C}$;

для $\alpha=0,3$ м: $\theta_{\text{ж}} = \frac{5996,3}{0,3 \cdot 100} - 200 = -0,1^{\circ}\text{C}$.

Результаты расчетов сводим в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры нагревательного провода для построения графика

α , м	$\theta_{\text{п}}$, $^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{ж}} = f(\Phi_{\text{A}}, \alpha)$	$\theta_{\text{ж}} = \varphi(\Phi_{\text{A}}, \alpha)$
0,2	24	38,3	99,8
0,25	24	40,1	39,9
0,3	24	43,4	-0,1

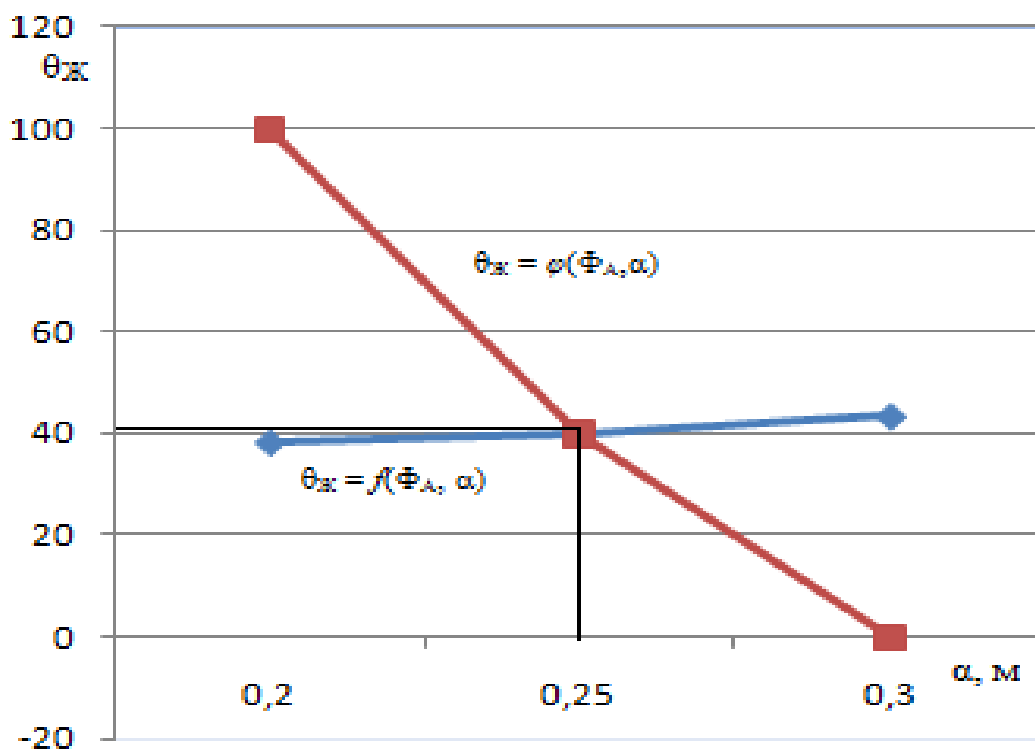


Рисунок 4.2 – Графическое решение уравнение $\theta_{\text{ж}}=f(\Phi_{\text{A}},\alpha)$ и $\theta_{\text{ж}}=\varphi(\Phi_{\text{A}},\alpha)$ для нагревательного провода при электрообогреве пола

Построив кривую $\theta_{\text{ж}} = f(\Phi_{\text{A}}, \alpha)$ и $\theta_{\text{ж}} = \varphi(\Phi_{\text{A}}, \alpha)$ находим: $\alpha = 0,25$ м, $\theta_{\text{ж}}=41^{\circ}\text{C}$. Для провода ПНСВ эти значения допустимы.

Число параллельных отрезков провода на одну фазу m , шт, определяется по формуле (9.13):

$$m = 12,5/0,25 = 50 \text{ шт.}$$

Длина отрезка провода в одной площадке на одну фазу l_1 , м, определяется по формуле (4.14):

$$l_1 = 50 \cdot (0,5 + 0,25) = 37,5 \text{ м.}$$

Число рядов n , шт, обогреваемых одним отрезком, определяется по формуле (4.17):

$$n = 80 / 37,5 = 2,137 \text{ шт.}$$

Принимается два ряда.

Мощность для обогрева одного ряда клеток P_1 , Вт, определяется по формуле (4.20):

$$P_1 = 100 \cdot 18,8 = 1880 \text{ Вт.}$$

Мощность отрезка провода, включаемого на напряжение 220 В P_0 , Вт, определяется по формуле:

$$P_0 = P_1 / 3. \quad (4.25)$$

$$P_0 = 1880 / 3 = 626,7 \text{ Вт.}$$

Тепловой поток провода длиной 1 м $\Phi_{\text{пог}}$, Вт/м, определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{пог}} = P_0 / l_1. \quad (4.26)$$

$$\Phi_{\text{пог}} = 626,7 / 37,5 = 16,7 \text{ Вт/м.}$$

Потребляемая мощность отрезка провода, включаемого на напряжение 220 В $P_{\text{пот1}}$, Вт, определяется по формуле:

$$P_{\text{пот1}} = \frac{U_{\Phi}^2}{R_1}, \quad (4.27)$$

где R_1 , Ом – сопротивление отрезка провода, включаемого на напряжение 220 В.

$$R_1 = 37,5 \cdot (1 + 0,0176 \cdot 12,2) \cdot 0,22 \cdot \frac{4[1+0,045(41-20)]}{3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2} = 13,1 \text{ Ом.}$$

$$P_{\text{пот1}} = \frac{220^2}{13,1} = 3694,7 \text{ Вт.}$$

Потребляемая мощность всей установки $P_{\text{пот}}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{\text{пот}} = 6 \cdot P_{\text{пот1}} \cdot 10^{-3}.$$

$$P_{\text{пот}} = 6 \cdot 3694,7 \cdot 10^{-3} = 22,2 \text{ кВт.}$$

4.2. Электрокалориферные установки

Одним из наиболее распространенных и эффективных электрифицированных устройств для поддержания оптимальных параметров микроклимата в животноводческих помещениях являются электрокалориферные установки. Они обеспечивают. Зоотехнические требования к регулированию температуры и воздухообмена, легко поддаются полной автоматизации, безопасны при эксплуатации.

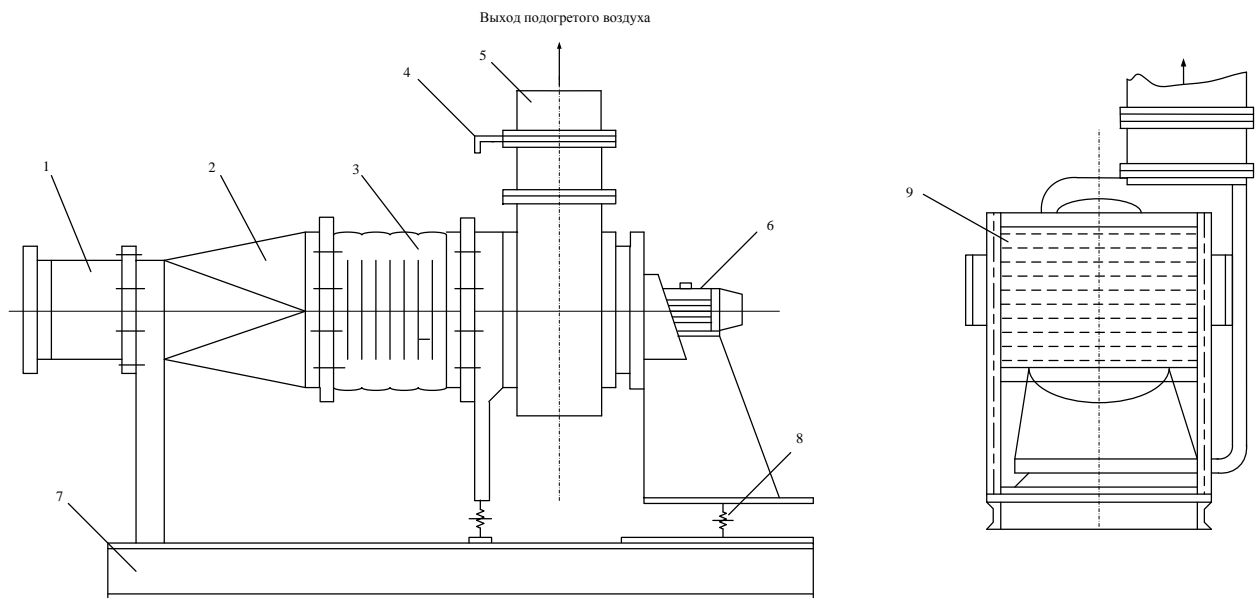
Электрокалориферные установки имеют высокий КПД, удобны в обслуживании, их тепловую мощность можно регулировать в широких пределах.

Наиболее широкое распространение в сельском хозяйстве получили электрокалориферы типа СФОА и СФОЦ, применяемые для отопления животноводческих помещений.

Электрокалорифер предназначен для работы от трехфазной сети напряжением 380 или 220 В. При напряжении 380 В нагреватели каждой секции соединяют в «звезду», а при напряжении; 220 В — в «треугольник».

Электрокалориферная установка содержит блок нагревательных элементов, переходный патрубок, мягкую вставку, центробежный вентилятор с электродвигателем, установленный на виброгасителях и раму. Непосредственно калорифер состоит из кожуха и установленных в нем оребренных трубчатых нагревательных элементов (рис.4.3).

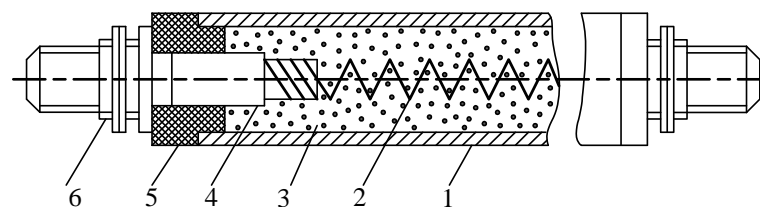
Кожух калорифера это сварная конструкцию из листовой стали. Переходной патрубок, соединяющий калориферы с мягкой вставкой, представляет собой сварную конструкцию из листовой стали и уголков. Мягкая вставка и виброгасители калорифера, на которых установлен вентилятор с электродвигателем, обеспечивают защиту калорифера от вибрации, создаваемой вентилятором.



1 – электрокалорифер; 2 – диффузор; 3 – мягкий воздуховод-вставка; 4 – шибер-заслонка; 5 – центробежный вентилятор; 6 – электродвигатель; 7 – рама; 8 – пружинные виброгасители; 9 – оребренные ТЭНы

Рисунок 4.3 – Устройство электрокалорифера

Для повышения площади тепловой отдачи ТЭН, их выполняют с алюминиевым оребрением (рис.4.4).



1 – оболочка; 2 – нагревательная спираль; 3 – наполнитель; 4 – контактный стержень; 5 – изолятор; 6 – контактная гайка

Рисунок 4.4 – Конструкция ТЭН

Количество тепла, необходимого для подогрева приточного воздуха $Q_{от}$, кВт/ч, определяется по формуле:

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{в} + Q_{исп} + Q_{инф} - Q_{ж}, \quad (4.28)$$

где $Q_{огр}$ – потери тепла через ограждения, кДж/ч;
 $Q_{в}$ – потери тепла воздуха при вентиляции, кДж/ч;
 $Q_{исп}$ – потери тепла на испарение влаги, кДж/ч;
 $Q_{ж}$ – тепло, выделяемое животными, кДж/ч;
 $Q_{инф}$ – тепло на инфильтрацию воздуха, кДж/ч.
 $Q_{ж}$ – тепло, выделяемое животными, кДж/ч.

Потери тепла через ограждающие поверхности $Q_{огр}$, Вт/ч, определяются по формуле:

$$Q_{огр} = q_0 \cdot V(t_{вн} - t_{н}), \quad (4.29)$$

где q_0 - тепловая характеристика помещения, Вт/м³°С ;

V – объем помещения, м³;

$t_{вн}$ и $t_{н}$ - расчетная температура соответственно внутреннего и наружного воздуха, °С.

Потери тепла уносимого воздуха при вентиляции, Q_v , кВт/ч, определяются по формуле:

$$Q_v = L_{co2} \cdot c \cdot \rho (t_v - t_n). \quad (4.30)$$

где c – теплоемкость воздуха, Вт/ч;

ρ – удельная плотность воздуха при температуре.

Количество тепла выделяемое животными $Q_{ж}$, кДж/ч, определяется по формуле:

$$Q_{ж} = Q'_{ж} \cdot n \cdot h_t, \quad (4.31)$$

где $Q'_{ж}$ – норма тепловыделения животного, Вт/ч;

h_t – коэффициент, учитывающий изменение тепловыделения с изменением температуры.

Потери тепла на испарение влаги $Q_{исп}$, Вт/ч, определяются по формуле:

$$Q_{исп} = 0,692 \cdot W, \quad (4.32)$$

где W – количество влаги, испаряемой с поверхностей, г/ч.

Количество тепла на инфильтрацию воздуха $Q_{инф}$, Вт/ч, определяется по формуле:

$$Q_{инф} = 0,3 \cdot Q_{огр}. \quad (4.33)$$

Мощность нагревательных элементов P , кВт, определяется по формуле:

$$P = \frac{Q_{от}}{3600 \cdot \eta}, \quad (4.34)$$

где η - коэффициент полезного действия нагревателей (0,9÷0,95) [5].

Пример 4.2. Рассчитат мощность электрокалориферной установки в помещении для содержания телят на 100 голов. Температура наружного воздуха $t_n - -25^{\circ}\text{C}$), температура внутреннего воздуха $t_{вн} - + 3^{\circ}\text{C}$, $Q'_{ж}$ – норма тепловыделения животного, 150 Вт/ч, q_0 - тепловая характеристика помещения, $0,25\text{Вт}/\text{м}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$, ρ – удельная плотность воздуха при температуре 3°C , (1,2).

Потери тепла через ограждающие поверхности $Q_{огр}$, Вт/ч, определяется по формуле (4.29):

$$Q_{огр} = 0,25 \cdot 4263(3+25) = 29841 \text{ Вт/ч.}$$

Потери тепла уносимого воздуха при вентиляции, Q_v , кВт/ч, определяются по формуле (4.30):

$$Q_v = 1588,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot (3 + 25) = 53363,5 \text{ Вт/ч.}$$

Количество тепла выделяемое животными $Q_{ж}$, кДж/ч, определяется по формуле (4.31):

$$Q_{ж} = 150 \cdot 100 \cdot 1 = 15000 \text{ Вт/ч.}$$

Потери тепла на испарение влаги $Q_{исп}$, Вт/ч, определяются по формуле (4.32):

$$Q_{исп} = 0,692 \cdot 10625 = 7353 \text{ Вт/ч.}$$

Количество тепла на инфильтрацию воздуха $Q_{инф}$, Вт/ч, определяются по формуле (4.33):

$$Q_{инф} = 0,3 \cdot 70340 = 21102 \text{ Вт/ч.}$$

Количество тепла, необходимого подогрева приточного воздуха $Q_{от}$, кВт/ч, определяется по формуле (4.29):

$$Q_{от} = 29841 + 53363,5 + 15000 + 7353 - 21102 = 85456 \text{ Вт/ч.}$$

Мощность нагревательных элементов P , кВт, определяется по формуле (4.34):

$$P = \frac{8169385456}{3600 \cdot 0,9} = 26,4 \text{ кВт.}$$

4.3. Пленочные электронагреватели

В развитии низкотемпературного нагрева перспективным направлением явилось создание пленочных электронагревателей (ПЭН). В ПЭН нагреватели сопротивления в виде токопроводящей пленки наносят на электроизолированный нагревательный элемент конструкции электротепловой установки (емкость, воздухопроводы, стены, панели, коврики и т.д).

Токопроводящая пленка электронагревателя с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления наносится на тонколистовую штампованную металлическую панель, покрытую изоляцией. Для подвода тока пленка снабжена контактными электродами. Сверху на пленку нанесено теплостойкое электроизолирующее покрытие.

Основные достоинства ПЭН:

- высокая антикоррозийная стойкость при работе в агрессивных средах;
- низкая стоимость исходного материала и технологичность изготовления самых сложных конфигураций;
- равномерный и дифференцированный нагрев больших поверхностей сложной формы;
- высокий тепловой КПД.

Мощность, необходимая для нагрева, $P_{\text{пол}}$, Вт, определяется по формуле:

$$P_{\text{пол}} = C \cdot m \cdot (t_k - t_n) / t, \quad (4.35)$$

где C – удельная теплоемкость нагреваемой среды, Дж/кг·°С;

m – масса нагреваемой среды, кг;

t_k, t_n – температура в начале и в конце нагрева ($t_n = 5$ °С, t_k принимается самостоятельно исходя из требований технологического процесса), °С;

t – время нагрева (принимается самостоятельно исходя из предъявляемых требований), сек.

Мощность установки, P_y , кВт, определяется по формуле:

$$P_y = P_{\text{пол}} \cdot k_3 / \eta_y, \quad (4.36)$$

где k_3 – коэффициент запаса, учитывающий старение ПЭНа, 1,1...1,2;

η_y – КПД установки (0,6...0,98).

Полезная площадь контактной поверхности теплообмена (КПТ) $A_{\text{п}}$, м², определяется по формуле:

$$A_{\text{п}} = P_y / w_{\text{д}}, \text{ м}^2, \quad (4.37)$$

где $w_{\text{д}}$ – допустимая удельная поверхностная мощность, зависящая от компонента резистивного состава ПЭНа, Вт/м².

Полная площадь, A , м^2 , определяется по формуле:

$$A = A_{\text{п}} / K_{\text{зап}}, \text{ м}^2, \quad (4.38)$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения площади композиционным резистивным пленочным элементом, для емкостей-нагревателей 0,9...0,95.

Диаметр цилиндрической емкости-нагревателя D , м^2 , определяется по формуле:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot \rho_c \cdot h}}, \quad (4.39)$$

где ρ_c – плотность нагреваемой среды, $\text{кг}/\text{м}^3$:

h – высота емкости-нагревателя, м (принимается 10-30 см).

Периметр поперечного сечения емкости-нагревателя l , м , определяется по формуле:

$$l = \pi \cdot D. \quad (4.40)$$

Принимаем L , м из условия $L < l$.

Ширина КПП B , м , определяется по формуле:

$$B = A / L. \quad (4.41)$$

Ширина одной резистивной полосы b , м , определяется по формуле:

$$b = \sqrt{\frac{\delta^2}{4} + \frac{\rho_{\text{п}} \cdot w_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot B \cdot (B + \delta)}{U^2}} - \frac{\delta}{2}, \quad (4.42)$$

где $\rho_{\text{п}}$ – удельное поверхностное сопротивление композиционной резистивной пленки, $\text{Ом}/\text{м}^2$ (характеризует сопротивление тонкого слоя);

δ – расстояние между резистивными полосами, м .

Число резистивных полос N , шт, определяется по формуле:

$$N = (B + \delta) / (b + \delta). \quad (4.43)$$

Принимается ближайшее целое число n' и определяется новое значение ширины одной полосы, м , по формуле:

$$b' = \frac{B - \delta \cdot (n' - 1)}{n'}. \quad (4.44)$$

Уточненное значение $\rho_{\text{п}}$, Ом, определяется по формуле:

$$\rho'_{\text{п}} = \frac{U^2 \cdot b' \cdot (b' + \delta)}{w_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot B \cdot (B + \delta)} \quad (4.45)$$

Пример 4.3. Рассчитать ПЭН емкости-нагревателя для нагрева воды $m = 3$ кг от $t_{\text{н}} = 10^{\circ}\text{C}$ до $t_{\text{к}} = 70^{\circ}\text{C}$ за 30 минут. Напряжение питания 220 В, расстояние между резистивными полосами $\delta = 4 \cdot 10^{-3}$ м. Компоненты резистивного состава ПЭН: титан на боросиликате (удельную поверхностную мощность принять равной $w_{\text{д}} = 20 \cdot 10^3$ Вт/м², удельное поверхностное сопротивление $\rho_{\text{п}} = 4$ Ом/). Коэффициент запаса учитывающий старение ПЭН-элемента $k_3 = 1,2$. КПД установки $\eta_{\text{у}} = 0,7$.

Мощность, необходимая для нагрева $P_{\text{пол}}$, Вт, определяется по формуле (4.35):

$$P_{\text{пол}} = 4190 \cdot 3(70 - 10) / (30 \cdot 60) = 419 \text{ Вт.}$$

Мощность установки, $P_{\text{у}}$, кВт, определяется по формуле (4.36):

$$P_{\text{у}} = P_{\text{пол}} \cdot k_3 / \eta_{\text{у}} = 419 \cdot 1,2 / 0,7 = 718 \text{ Вт.}$$

Полезная площадь контактной поверхности теплообмена (КПТ) $A_{\text{п}}$, м², определяется по формуле (4.37):

$$A_{\text{п}} = 718 / (20 \cdot 10^3) = 0,0359 \text{ м}^2.$$

Полная площадь, A , м², определяется по формуле (4.38):

$$A = A_{\text{п}} / K_{\text{зап}} = 0,0359 / 0,9 = 0,04 \text{ м}^2.$$

Диаметр цилиндрической емкости-нагревателя D , м², определяется по формуле (4.39):

$$D = \sqrt[3]{4 \cdot 3 / (1000 \cdot 3,14)} = 0,156 \text{ м}^2 \cdot \text{м}$$

Периметр поперечного сечения емкости-нагревателя l , м, определяется по формуле (4.40):

$$l = 3,14 \cdot 0,156 = 0,49 \text{ м. м}$$

Принимаем длину резистивных полос $L = 0,4$ м.

Ширина КПТ В, м, определяется по формуле (4.41):

$$B = 0,04 / 0,4 = 0,1 \text{ м. М}$$

Ширина одной резистивной полосы b, м, определяется по формуле (4.42):

$$b = \sqrt{(4 \cdot 10^{-3})^2 / 4 + \frac{4 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2 \cdot 0,1(0,1 + 0,004)}{220^2}} - \frac{0,004}{2} = 0,05 \text{ м.}$$

Число резистивных полос N, шт, определяется по формуле (4.43):

$$n = (0,1 + 0,004) / (0,05 + 0,004) = 1,93 \text{ шт.}$$

Принимаем ближайшее целое число $n' = 2$ и определяется новое значение ширины одной полосы, м, по формуле (4.44):

$$b' = 0,1 - 0,004 (2 - 1) / 2 = 0,048 \text{ м.}$$

Уточненное значение ρ_n , Ом, определяется по формуле (4.45):

$$\rho_n = \frac{220^2 \cdot 0,048 (0,048 + 0,004)}{20 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2 \cdot 0,1(0,1 + 0,004)} = 3,63 \text{ Ом.}$$

4.4. Электродные водонагреватели

Электродный нагрев относят к прямому способу нагрева воды сопротивлением (рис.4.5).

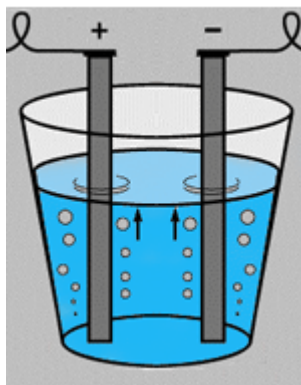


Рисунок 4.5 – Электродный способ нагрева воды сопротивлением

Электродным способом нагревают проводники второго рода, имеющие ионную проводимость. К ним относят воду, молоко, фруктовые и ягодные соки,

сочные корма, почву, бетон и др. Поэтому в сельскохозяйственном производстве электродный способ используют для нагрева воды, получения пара, стерилизации и пастеризации молока, обеззараживания почвы в парниках и теплицах, обогрева и обеззараживания навоза, электрохимической обработки соломы с целью скармливания скоту и пр.

В электродных нагревателях нагреваемое вещество размещают между электродами. В результате протекания электрического тока непосредственно в нагреваемой жидкости или веществе согласно закону Джоуля–Ленца выделяется теплота. Температуру нагрева регулируют силой тока или продолжительностью нагрева. Электродные ЭНУ прямого нагрева выполняют в виде различных водонагревателей, паровых и водяных котлов, стерилизаторов, пастеризаторов, кормозапарников и т. п.

В сельском хозяйстве наиболее распространены электроводонагреватели. Принципиально они мало отличаются друг от друга. Их основные части: корпус (резервуар), размещённые в нём электроды, устройство для регулирования мощности и патрубки для подвода холодной и отвода горячей жидкости.

Основные преимущества электродного нагрева – высокая надёжность в работе; простота конструкции и схемы управления; удобство обслуживания; использование неперегораемых элементов–электродов со сроком службы 7...9 лет; более высокий КПД; большее значение мощности на единицу массы и объёма по сравнению с другими нагревателями; меньший занимаемый объём по сравнению с установками на твёрдом или жидком топливе. Установки не боятся упуска воды, экологически чисты, имеют широкое и плавное регулирование мощности, обладают бактерицидными свойствами, могут быть отремонтированы в условиях хозяйства.

Основные недостатки – значительная зависимость надёжности и долговечности установок от параметров воды; значительная зависимость их мощности от температуры нагреваемой воды, удельное электрическое сопротивление которой падает из-за резкого увеличения в ней количества ионов; электрохимическая коррозия электродов и электролиз воды и растворимых в ней солей (несмотря на использование переменного тока), наличие в воде продуктов «растворения» железа и продуктов электролиза; образование гремучего газа при большой плотности тока на электродах и возможность взрыва установки.

Основная область применения электродного нагрева – горячее водоснабжение технической водой; обогрев помещений любого типа, в том числе сельскохозяйственного назначения; получение подогретой питьевой воды через теплообменник или бойлер-теплоаккумулятор.

Номинальная мощность нагревателя электродного водонагревателя P , кВт, определяется по формуле:

$$P = Q (h_n - h_b) / 3600 \eta, \quad (4.46)$$

где h_n - энтальпия пара, кДж/кг; h_b - энтальпия питательной воды, кДж/кг.

где $Q_{от}$ – тепловая мощность системы отопления, кДж/ч;
 h_n – энтальпия пара, кДж/кг;
 h_b – энтальпия питательной воды, кДж/кг.

Фазное сопротивление, R_{ϕ} , Ом, определяется по формуле:

$$R_{\phi} = 3 \cdot U_{\phi}^2 / P, \quad (4.47)$$

где U_{ϕ} – напряжение фазное, В.

Средняя температура воды в водонагревателе, T_{cp} , °С, определяется по формуле:

$$T_{cp} = (t_{вх} + t_{вых}) / 2, \quad (4.48)$$

где $t_{вх}$, $t_{вых}$ – температура воды на входе и на выходе системы ($t_{вх} = 5 \dots 10$, $t_{вых}$ принимается самостоятельно исходя из требований технологического процесса), °С.

Удельное сопротивление воды при кипении $\rho_{уд}$, Ом·м (с учетом его увеличения на 25% за счет наличия в воде пузырьков пара), определяется по формуле:

$$\rho_{уд} = 1,25 \frac{40 \cdot \rho_{20}}{20 + t_{cp}}, \quad (4.49)$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление воды при t_{20} .

Определяется геометрический коэффициент электродной системы $k_{эгр}$.
 Высота электродов h , м, определяется по формуле:

$$h = k_{эгр} \cdot \rho_{t_{cp}} / R_{\phi} \quad (4.50)$$

Максимальная напряженность поля определяется в зависимости от схемы электродов при $\rho_{t_{cp}}$, $E_{макс}$, В/м. По рис. 4.5 определяется $E_{доп}$, В/м.

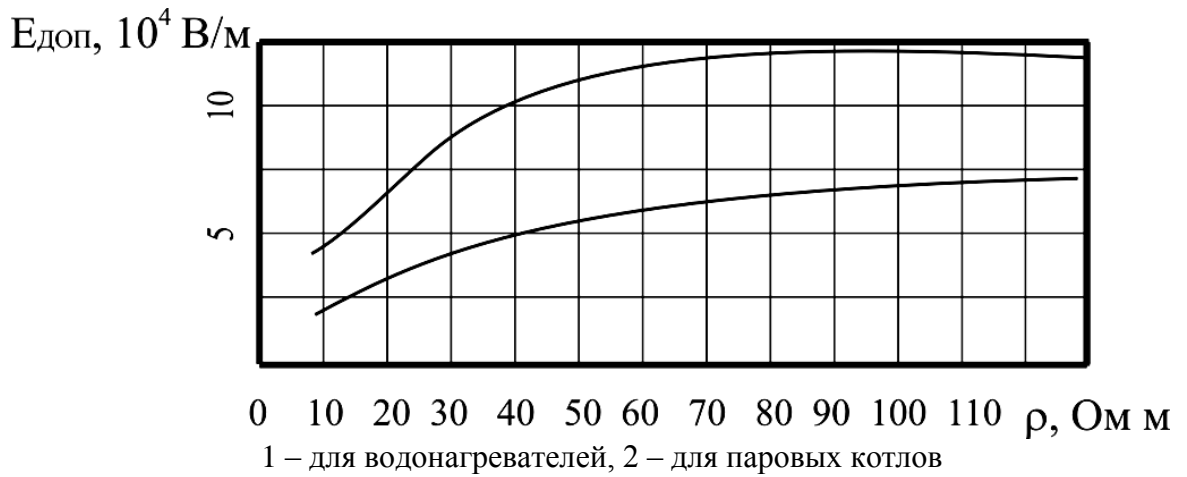


Рисунок 4.5 - Допустимая напряженность электрического поля в электродных аппаратах

Необходимо выполнение следующего условия: $E_{\text{факс}} < E_{\text{доп}}$.

Для электродной системы расстояние между электродами $A_{\text{мин}}$, м, определяется по формуле:

$$A_{\text{мин}} = U/E_{\text{доп}}. \quad (4.51)$$

Принимается $A > A_{\text{мин}}$.

Геометрический коэффициент электродной системы $k_{\text{эг}}$, о.е., определяется по формуле:

$$K_{\text{эг}} = a/b. \quad (4.52)$$

где b – ширина электродов (0,1...0,25), м.

Высота электродов h , м, определяется по формуле:

$$h = k_{\text{эг}} \cdot \rho_{\text{т ср}} / R_{\Phi}, \text{ м}. \quad (4.53)$$

Площадь электрода одной фазы $A_{\text{э}}$, м², определяется по формуле:

$$A_{\text{э}} = b \cdot h. \quad (4.54)$$

Затем делается проверка, не превышает ли напряженность электрического поля и плотность тока допустимых значений.

Фактическая максимальная напряженность поля $E_{\text{макс}}$, В/м, определяется по формуле:

$$E_{\text{макс}} = U/a, \quad (4.55)$$

где a – минимальное расстояние между электродами, м.

Допустимая плотность тока $j_{\text{доп}}$, А/м^2 , определяется по формуле:

$$j_{\text{доп}} = \frac{E_{\text{доп}}}{\rho_{\text{уд}}}. \quad (4.56)$$

Фактическая максимальная плотность тока $j_{\text{доп}}$, А/м^2 , определяется по формуле (4.57):

$$j_{\text{макс}} = 1,2 \frac{160 \cdot 10^3}{3 \cdot 380 \cdot 0,0465} = 3,62 \cdot 10^3 \text{ А / м}^2.$$

Задание

Задача 4.1. Рассчитать электродный водонагреватель для системы отопления. Тепловая мощность системы отопления $Q_{\text{от}} = 215 \cdot 10^3$ кДж/ч, температура воды на входе $t_{\text{вх}} = 65^\circ\text{С}$, на выходе - $t_{\text{вых}} = 95^\circ\text{С}$, удельное электрическое сопротивление воды при 20°С $\rho_{20} = 20$ Ом·м. Напряжение питающей сети 380/220 В. Electroды цилиндрические коаксиальные. Радиус внутреннего электрода $r_{\text{в}} = 0,03\text{м}$, КПД водонагревателя $\eta = 0,97$.

Задача 4.2. Рассчитать пленочный нагревательный элемент. Температура поддерживаемая внутри помещения $T_{\text{в}} = 20^\circ\text{С}$. Температура на поверхности пленочного нагревательного элемента $T_{\text{п}} = 50^\circ\text{С}$, коэффициент теплоотдачи $\alpha = 11,5$ Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$). Площадь секции нагревателя $F = 0,1$ м^2 . В нагревателе три секции включены последовательно. Напряжение питания – 220В. Коэффициент запаса 1,2; К.П.Д.- 0,9. Найти мощность секции и мощность нагревательного элемента.

Задача 4.3. Рассчитать электрокалориферную установку. В электрокалорифере имеется две секции трубчатых нагревателей. В каждой секции шесть одинаковых ТЭН, соединенных в «звезду». Каждый луч «звезды» состоит из двух последовательно включенных ТЭН. Напряжение сети – 380В. Диаметр провода каждого ТЭНа $d_{\text{пр}} = 0,5$ мм, длина провода $l = 5,66$ м. Материал провода – нихром с $\rho_{20} = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м. В расчетах принять, что $\rho_{\text{т}} = \rho_{20}$. КПД калорифера $\eta_{\text{эку}} = 0,95$. Теплоемкость воздуха $C_{\text{в}} = 1000$ Дж/(кг· $^\circ\text{С}$), его плотность $\rho_{\text{в}} = 1,2$ кг/м³.

Задача 4.4. Определить параметры обогреваемого пола: мощность одной секции P_1 , длину провода на одну фазу l_1 , шаг укладки провода h и число параллельных ветвей в фазе при соединении в звезду z для поросят в свинарнике-маточнике на 100 станков (N). Питание нагревательных элементов от сети 380/220В, температура воздуха в помещении $t_{\text{в}} = 14^\circ\text{С}$, температура пола $t_{\text{п}} = 24^\circ\text{С}$, коэффициент теплоотдачи от пола к воздуху $\alpha = 10$ Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$), размер обогреваемой площадки на один станок $a = 1,2$ м^2 . КПД обогреваемой полосы $\eta = 0,8$, число секций $n = 4$. Линейная нагрузка $\Delta P = 10$ Вт/м, линейное сопротивление провода $r = 0,194$ Ом/м.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Завершающий этап изучения дисциплины «Светотехника и электротехнологии» - курсовая работа, цель которой систематизировать, расширить, углубить и закрепить теоретические знания студента. В процессе этой работы обучающийся приобретает навыки и опыт самостоятельного проектирования осветительных и электротехнологических установок. Каждый студент получает от преподавателя индивидуальное задание и в соответствии с приведенными здесь методическими указаниями разрабатывает проект установки.

Задание на задание на курсовую работу включает название объекта, для которого должна быть разработана осветительная и электротехнологическая установки. Задание может быть индивидуальным, в зависимости от темы курсового или дипломного проекта.

Курсовая работа состоит из четырех частей: расчет осветительной установки, расчет облучательной установки, расчет электротехнологической установки и электротехнический расчет.

Расчет осветительной и облучательной установок содержит: выбор источников излучения, нормированной освещенности, вида и системы освещения, типа светильников и облучателей, коэффициентов запаса и добавочной освещенности; расчет размещения светильников (определение высоты и места подвеса, расстояния от стен и между светильниками, числа светильников), светового потока лампы (можно брать из каталога).

Световой поток ламп определяют следующими методами: точечным, коэффициента использования светового потока и удельной мощности. В пояснительной записке приводят подробный расчет одного помещения тремя методами, результаты расчетов по остальным помещениям (любым методом) — в светотехнической ведомости. Кроме этого, в расчетно-пояснительной записке проекта должно быть по одному примеру проверочного расчета каждым методом.

Электрическая часть работы содержит: выбор мест расположения магистральных и групповых щитков, трассы сети и составление схемы питания и управления освещением, вида проводки и способа прокладки; расчет осветительной сети по допустимой потере напряжения с последующей проверкой сечения по длительно допустимому току, защиты осветительной сети; рекомендации по монтажу осветительной установки; меры защиты от поражения электрическим током.

Работа включает в себя расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Объем расчетно-пояснительной записки 20...30 с на листах формата (А4). С левой стороны листа оставляется 20 мм, для подшивки, с правой стороны, снизу и сверху страницы – поля 5 мм. Если записка выполнена рукописным текстом, то вся страница текста очерчивается рамкой указанных размеров. При заполнении листа оставляются поля от рамки: сверху и снизу - 10 мм, слева - 5

мм, справа – 3 мм. Каждая страница текста нумеруется, номер ставится в правом верхнем углу страницы.

В записке четко выделяются разделы, главы, параграфы, пункты. Все таблицы и рисунки пояснительной записки нумеруются, на них делаются ссылки в тексте записки.

В записке должны быть приведены расчетные формулы, результаты расчета и разъяснения всех величин, входящих в формулу. Все расчеты производятся в системе СИ, формулы нумеруются.

В начале записки располагают титульный лист, затем - задание к курсовой работе, оглавление.

Список используемой литературы составляется в том порядке, в каком она упоминается в курсовой работе. Список литературы помещают в конце работы.

Графическая часть проекта содержит чертеж на одном листе формата (A1), на котором должны быть изображены план и разрез объекта (рекомендуемые масштабы 1:200, 1:100 и реже 1:50) с указанием основных размеров, контуров технологического оборудования, определяющего размещение светильников, и с нанесением светильников, розеток, выключателей, понижающих трансформаторов, осветительной сети рабочего, дежурного и аварийного освещения, питающих и групповых щитков и ввода в помещение. Кроме того, на плане должны быть сделаны следующие надписи и обозначения: номера отдельных помещений; значения нормированной освещенности в каждом помещении; тип светильников и рядом дробь, в числителе которой указывают мощность лампы в светильнике и число светильников, а в знаменателе высоту их подвеса над полом. Каждая группа сети должна быть снабжена надписью, содержащей номер группы.

Содержание расчетно-пояснительной записки:

1. Введение.
2. Расчет светотехнической части. Светотехническая ведомость.
3. Расчет облучательной установки. Перечень электрооборудования (спецификация).
4. Расчет электротехнической части.
5. Расчет электротехнологической части.
6. Разработка схемы управления установкой (по индивидуальному заданию преподавателя).
7. Правила техники безопасности.
8. Список литературы.

Приложение 1 - Параметры ламп накаливания общего назначения

Тип лампы	Расчетное напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лк	Габаритные размеры, мм			Тип цоколя
				диаметр	длина	высота центра	
В125-135-15	130	15	135	61	105	80	E27
В215-225-15	220		105				
В220-230-15	225		105				
В125-130-25	130	25	260	61	105	80	E27
В215-225-25	220		220				
В220-230-25	225		230				
Б125-135-40	130	40	485	61	110	82	E27
БК125-135-40	130		520	51	98		
Б215-225-40	220		415	61	110		
БК215-225-40	220		460	51	98		
Б125-135-60	130	60	810	61	110	82	E27
БК125-135-60	130		875	51	98		
Б215-225-60	220		715	61	110		
БК215-225-60	220		790	51	98		
Б220-230-60	225		715	61	110		
БК220-230-60	225		790	51	98		
Б215-225-75	220	75	950	61	110	80	E27
БК215-225-75	220		1020	56	105		
Б220-230-75	225		950	61	110		
Б125-135-100	130	100	1540	61	110	80	E27
БК125-135-100	130		1630	56	105		
Б215-225-100	220		1350	61	110		
БК215-225-100	220		1450	56	105		
Б220-230-100	225		1350	61	110		
БК220-230-100	225		1450	56	105		
Г125-135-150	130	150	2280	71	137	100	E27
Б215-225-150	220		2100				
Г215-225-150	220		2090				
Г220-230-150	225		2090				
Г125-135-200	130	200	3200	81	166,5	128	E27
Б215-225-200	220		2920				
Г215-225-200	220		2920				
Г220-230-200	225		2920				
Г215-225-300	220	300	4610	91	189	133	E27, E40
Г220-230-300	225		4610				
Г230-240-300	235		4560				
Г215-225-500	220	500	8300	111	240	178	E40
Г220-230-500	225		8300				
Г230-240-500	235		8225				
Г215-225-750	220	750	13100	151	309	225	E40
Г220-230-750	225		13100				
Г215-225-1000	220	1000	16600	151	309	225	E40
Г220-230-1000	225		1860				

Приложение 2 - Параметры люминесцентных ламп низкого давления

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
						длина со штырьками	наружный диаметр
ЛДЦ20	20	57	0,37	820	12000	604	40
ЛЕЦ20		88	0,23	865			
ЛД20		57	0,37	920			
ЛХБ20		57	0,37	950			
ЛТБ20		57	0,37	975			
ЛБ20		57	0,37	1180			
ЛЕ30	30	104	0,36	1350	12000	909	27
ЛДЦ30				1450			
ЛД30				1640			
ЛХБ30				1940			
ЛТБ30				1880			
ЛБ30				2100			
ЛБА30				2040			
ЛБ36	36	109	0,33	3050	15000	1213,6	26,5
ЛДЦ36				2200			
ЛЕЦ36				2150			
ЛДЦ40	40	103	0,43	2100	15000	1214	40
ЛЕЦ40				2190			
ЛД40				2340			
ЛХБЦ40				2450			
ЛХБ40				2780			
ЛТБ40				2780			
ЛБ40				3000			
ЛБА40				3040			
ЛДЦ65	65	110	0,67	3050	13000	1514	40
ЛЕЦ65				3450			
ЛД65				3570			
ЛХБ65				4100			
ЛТБ65				4200			
ЛБ65				4550			
ЛДЦ80	80	102	0,865	3740	12000	1514	40
ЛД80				4070			
ЛХБ80				4600			
ЛТБ80				4720			
ЛБ80				5220			
ЛТБЦД40	40	50	0,88	1750	6000	1214	38
ЛХБР40	40	103	0,43	2080	10000	1214	40
ЛБР40	40	103	0,43	2250	10000	1214	40
ЛБР65	65	102	0,7	4200	10000	1514	40
ЛХБР80	80	102	0,865	3460	10000	1514	40
ЛБР80	80	102	0,865	4100	10000	1514	40

Приложение 3 - Параметры газоразрядных источников света высокого давления

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Световой поток после 100 ч работы, клм	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм		Тип цоколя
						диаметр колбы	длина лампы	
Дуговые ртутные люминесцентные лампы								
ДРЛ50	50	95	0,5	1,8	6000	56	130	E27
ДРЛ80	80	115	0,8	3,2	10000	81	165	
ДРЛ125	125	125	1,25	5,4	10000	91	184	
ДРЛ250	250	130	2,15	12,0	12000	91	227	E40
ДРЛ400	400	135	3,25	22,0	15000	122	292	
ДРЛ700	700	140	5,45	37,0	12000	152	368	
ДРЛ1000	1000	145	7,5	56,0	12000	181	410	
ДРЛ2000	2000	270	8,0	120,0	6000	187	445	
Дуговые металлогалогенные и натриевые лампы								
ДРИ250	250	220	-	18,7	3000	91	227	E40
ДРИ400	400	220	-	34,0	6000			
ДРИ700	700	220	-	59,5	5000			
ДРИ1000	1000	220	-	90,0	3000	122	300	
ДРИ2000	2000	380	-	190,0	1500	100	440	
ДРИ3500	3500	380	-	350,0	2000		430	
ДнаТ70	70	220	-	5,8	6000	38	170	E27
ДнаТ100	100		-	95		45	180	
ДнаТ150	150		-	14,5		48	210	
ДнаТ250	250		-	23	15000	58	248	E40
ДнаТ360	360		-	35		122	285	
ДнаТ400	400		-	50		58	248	
ДнаТ700	700		-	80		83	350	
ДнаТ1000	1000	380	-	115	7000	83	425	
Ксеноновые лампы								
ДКсТВ6000	6	220	29	220	500	18	476	Охлаждени е: водяное
ДКсТЛ5000	5	110	44	98	300	22	640	
ДКсТЛ10000	10	220	47	247	1300	36	1680	
ДКсТ20000	20	380	56	554	1300	36	2400	
ДКсТ50000	50	380	140	2230	500	42	2610	

Приложение 4 – Компактные люминесцентные лампы

Модель	Мощность, Вт	Напряжение, В	Цветовая темп-ра, К	Световой поток, лм	Цоколь	Срок службы, ч
3U26E2727	23	220-240	2700; 4200	1600	E27	8000
4U30E2745	30	220-240	2700; 4200	1900	E27	8000
4U42E2745	42	220-240	2700; 4200	2850	E27	6000
4U57E2745	57	220-240	2700; 4200	3450	E27	6000
4U66E2745	65	220-240	2700; 4200	3800	E27	6000

Приложение 5 - Коэффициент запаса для газоразрядных источников ультрафиолетового излучения

Параметры	Значение параметра							
	0	100	200	400	600	1000	1500	2000
Продолжительность работы, ч	0	100	200	400	600	1000	1500	2000
Коэффициент запаса	1	1,25	1,45	1,67	1,82	2	2,2	2,26

Приложение 6 - Параметры инфракрасных зеркальных ламп накаливания

Тип лампы	Расчетное напряжение, В	Мощность, Вт	Цветовая температура, К	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
					диаметр	длина
ИКЗК127-250	127	250	2350	6000	130	185
ИКЗС127-250						185
ИКЗ127-250		215				
ИКЗ127-500		267				
ИКЗ127-500-1	500	195				
ИКЗК220-250	220	250				185
ИКЗ220-250						185
ИКЗС220-250		215				
ИКЗ220-500		267				
ИКЗ220-500-1		500	195			

Примечание: ИК – инфракрасная, З – зеркальная, К – красная, С – синяя.

Приложение 7 - Коэффициент поглощения бактерицидного излучения водой в различных источниках

Вид источника воды	α , 1/см
Глубокие горизонты, артезианские скважины	0,1
Родники, грунтовые источники с хорошей фильтрацией, шахтные колодцы	0,15
Поверхностные источники с осветлением (ГОСТ 2874-82)	0,2...0,3

Приложение 8 - Параметры газоразрядных источников ультрафиолетового излучения

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Эритемный поток, лм	Бакт. поток, МБ	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
								диаметр колбы	длина лампы
Источники низкого давления									
ЛЭ15	15	127	0,33	40	300	55	5000	30	452,4
ЛЭО15	15	127	0,33	650	110	-			452,4
ЛЭ30	30	220	0,36	110	750	125			909
ЛЭР30	30	220	0,36	100	750	-	3000	40	909
ЛЭР40	40	220	0,43	120	1600	-			1214
ДБ15	15	127	0,33	60	-	2000	2000	30	452,4
ДБ30	30	220	0,36	140	35	6000	3000		909
ДБ60	60	220	0,7	180	41	8000	2000		909

Продолжение приложения 8

Источники высокого давления									
РВЭД220	160	220	0,8	2,1	350	-	1500	127	190
ДРТ230	230	127	3,8	4,4	2800	6,2	1500	20	190
ДРТ400	400	220	3,25	7,9	4750	10,5	2700	22	265
ДРТ1000	1000	220	7,5	33	16500	39,5	1500	32	350

Приложение 9 - Параметры ламп накаливания с отражающим зеркальным слоем

Тип лампы	Расчетное напряжение, В	Мощность, Вт	Осевая сила света, кд	Срок службы, ч	Габаритные размеры, мм	
					диаметр	длина
ЗК127-300	127	300	3500	1500	127	185
ЗК127-500		500	9000		180	267
ЗК127-750		750	16800		201	267
ЗК127-1000		1000	21800		201	267
ЗК220-300	220	300	2900		127	185
ЗК220-500		500	5050		180	267
ЗК220-750		750	1500		201	267
ЗК220-1000		1000	20600		201	267
ЗШ220-300		300	4100	1250	134	250
ЗШ220-500		500	7560		134	250
ЗШ220-750		750	12230		162	300
ЗШ220-1000		1000	17200		162	300

Примечание: ЗК – зеркальная концентрированного светораспределения, ЗШ – зеркальная широкого светораспределения.

Приложение 10 - Значения коэффициентов отражения оптических излучений для различных материалов

Материал	Коэффициенты отражения излучений			
	бактерицидного	эритемного	видимого	инфракрасного
Глубоко обработанный алюминий	0,4...0,9	0,45...0,65	0,45...0,7	0,5...0,7
Обработанный алюминий	0,6...0,9	0,7...0,9	0,6...0,9	0,72...0,93
Алюминиевое напыление на стекло	0,75...0,85	0,75...0,9	0,75...0,9	0,76...0,96
Алюминиевая краска	0,55...0,7	0,55...0,75	0,3...0,7	0,6...0,8
Нержавеющая сталь	0,25...0,3	0,35...0,5	0,5...0,6	0,55...0,75
Белая жемчужина	0,25...0,3	0,35...0,5	0,5...0,6	0,55...0,75

Приложение 11 - Температурный режим при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных и птицы

Вид и возраст животного, сут.	Оптимальная температура, °С	Вит и возраст животного, сут.	Оптимальная температура, °С
1	2	3	4
Телята		Цыплята	
1...20	20...16	1...5	35...33
20...60	17...15	6...12	33...28
60...120	15...12	13...21	28...25

Продолжение приложения 11

1	2	3	4
Поросята		Индюшата	
1...26	30...24	1...5	37...35
30	23	6...12	35...32
45	22	13...21	32...29
60	21	Гусята	
Ягнята		1...20	32...28
1...10	17...10	Утята	
Крольчата		1...10	28...24
1...20	16...14	11...21	20

Приложение 12 - Классификация светильников по типу кривой светораспределения (КСС)

Кривая светораспределения	Обозначение КСС	Зона возможных направлений максимальной силы, град
Концентрированная	К	0...15
Глубокая	Г	0...30;180...150
Косинусная	Д	0...35;160...145
Полуширокая	Л	35...55;145...125
Широкая	Ш	55...85;125...95
Равномерная	М	0...90;180...90
Синусная	С	70...90;110...90

Приложение 13 - Технические характеристики прожекторов

Тип прожектора	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд	КПД, %	Угол рассеяния, град		Наименьшая высота установка, м
				в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости	
ПСМ-30-1	Г220-200	33	33	16	16	10
ПСМ-40-1	Г220-500	70	35	19	19	15
ПСМ-40-2	ПЖ-220-500	280	35	9	9	30
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	35	21	21	20
	ДРЛ-400	19,5	-	74	90	8
	ДРЛ-700	52	-	74	90	13
ПЗР-250	ДРЛ-250	11	-	60	60	6
ПЗР-400	ДРЛ-400	19	-	60	60	8
ПЗС-25	Г220-200	16	27	16	12	7
ПЗС-35	Г220-500	50	27	21	19	13
ПЗС-45	ДРЛ-400	14	-	84	90	7
	ДРЛ-700	30	-	100	100	10
	Г220-1000	130	27	26	24	21
	Г220-1500	225	27	25	26	27
ПКН-1000-1		152	60	92	18	13

Приложение 14 - Суточные дозы ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных

Вид и возрастная группа	Суточная доза облучения, мэр·ч /м ²	Допустимая неравномерность	Допустимая облученность, мэр/м ²
Коровы и быки	270...290	1,34	930
Телки и нетели	180...210	1,35	650
Телята старше 6 месяцев	160...180	1,28	570
Телята до 6 месяцев	120...140	1,36	430
Овцематки	245...260	1,30	440
Ягнята от трехдневного возраста до отбивки	220...240	1,27	480
Свиньи на откорме и свиноматки	80...90	1,70	250
Поросята – отъёмыши	60...80	1,76	230
Подсосные поросята (поросята-сосуны)	20...25	1,50	83
Цыплята при содержании			
в штампованных клетках	40...50	1,57	150
в сетчатых клетках	20...25	1,57	75
на полу	15...20	1,56	58
Куры-несушки при содержании			
в клетках	20...25	1,57	75
на полу	40...50	1,57	150

Приложение 15 - Буквенные обозначения светильников в шифре

Источник света - лампа	Обозначение	Способ установки прибора	Обозначение	Основное назначение	Обозначение
Накаливания					
Общего назначения	Н	подвесной	С	для промышленных предприятий	П
Зеркальная	Н	потолочный	П	для рудников и шахт	Р
Диффузная	С	настенный	Б		
		настольный	Н	для общественных зданий	О
Галогенная	И	напольный и венчающий	Т	для жилых помещений	В
Люминесцентная					
Трубчатая	Л	встраиваемый	В	для наружного освещения	У
Фигурная	Ф	консольный	К		
Эритемная	Э	ручной сетевой	Р		
ДРЛ	Р	ручной аккумуляторный	Ф		
Металлогалогенная	Г	головной	Г		
Бактерицидная	Б				
Ксеноновая	К				

Приложение 16 - Площадь обогреваемых зон

Вид и возраст животного	Площадь обогреваемой зоны для животного, м ²
Телята	
до 2 недель	1,5
старше 2 недель (групповое содержание)	15,0
Поросята – сосуны (на гнездо)	
суточные	0,5
1,5 месяца	1,5
Ягнята (при групповом содержании)	15,0
Крольчата	1,0

Приложение 17 - Ультрафиолетовые облучатели

Тип облучателя	Источник УФ излучения	Число ламп	Потребляемая мощность, Вт	Напряжение сети, В	Исполнение	Конструктивные параметры	
						габаритные размеры, мм	масса, кг
Стационарный эритемный ЭО1-30М	ЛЭ30-1	1	40	220	пылевлагозащищенный	1000x250x155	6
Стационарный эритемный ЭО-1	ЛЭ30-1				незащищенное	1000x250x155	
Стационарный эритемный ЭО-2	ЛЭ30-2				пылевлагозащищенный	1000x250x155	
Светильник облучатель ОЭСПО2	ЛБР40 ЛЭР40	1	100	220	незащищенное	1350x685x190	9,5
Ртутно-кварцевый стационарный ОРК-2	ДРТ400	1	500	220	незащищенное	340x205x215	3,7
Ртутно-кварцевый передвижной ОРКШ	ДРТ40	1	500	220	незащищенное	340x205x215	3,7
Облучатель передвижной механизированной установки УО-4	ДРТ400	1	500	380 (220)	незащищенное	775x450x260	4,0
Самоходная установка УОК-1 для облучения кур	ДРТ400	2	1,5	380 (220)	незащищенное	1290x2163x830	140
Бактерицидный ОБУ1-30	ДБ30	1	40	220	незащищенное	1000x250x155	6

Приложение 18 - Светильники с лампами накаливания для производственных помещений

Тип	Мощность лампы, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики			Климатическое исполнение
			класс светораспределения	обозначение КСС	КПД	
1	2	3	4	5	6	7
НСП02-100-003	100	IP52, IP56	Р	М	70	У3, УХЛ2
НСП03-60-003	60	IP54	Р	М	75	У3
НСП11-100-614	100	IP52	П	М	77	У3, УХЛ2
НСП17-100-102	100	IP20	П	Д	60	У3, ХЛ3
НСП09-200	200	IP51	П	М	75	У3, ХЛ3
НСП11-200-714	200	IP52	Р	М	77	У3, УХЛ3
НСП17-200-324	200	IP54	П	Г	65	У3, УХЛ3
НСП17-200-103	200	IP20	Р	Л	75	У3, УХЛ3
НСП41-200-003	200	IP56	Н	М	70	УХЛ2
НСП54-200-110	200	IP54	Н	М	70	УХЛ1, Т1
НСП11-500-002	500	IP52	П	М	77	У3, УХЛ3

Приложение 19 – Светильники с компактными люминесцентными лампами

Тип	Мощность лампы, Вт	Степень защиты	Обозначение КСС
ФСП05-26-232	26	IP54; IP20	Г, Л
ФСП01-30-001	30	IP20	Г
ФСП03-65-001	65	IP20	Г, Л
ФСП17-125	125	IP44	Г, Л
ФСП01-4×57-001	4×57	IP54	Л
ФСП01-2×57-001	2×57	IP20	Д

Приложение 20 - Инфракрасные облучатели

Тип ИК-облучателя	Тип источника излучения	Число ламп	Мощность, Вт	Напряжение, В	Конструктивные параметры	
					габаритные размеры, мм	масса, кг
ОСП-01-250	ИКЗК220-250	1	250	220	390x330	2,4
ОСП-05-250	ИКЗК220-250		250		310x230	0,9
ОРИ-1	ИК3220-250		500		340x245	1,5
ОВИ-1	ИК3220-250		500		320x185	
ОВИ-2	ИКЗК220-250		250		320x180	
"ЛатВИКО"	КИ220-1000		1000		400x250x220	2,5
ОЭИ-500	ИКЗК220-250		2		500	470x250x400

Приложение 21 - Светильники с люминесцентными лампами для производственных помещений

Тип	Число ламп	Мощность, Вт	Степень защиты	Светотехнические характеристики				Климатическое исполнение
				условный номер группы	класс светораспределения	обозначение КСС	КПД, %	
1	2	3	4		5	6	7	8
ЛСП02 (без перфорации и решетки)	2	40;65	IP20	1	П	Д	70	УХЛ4, О4
ЛСП02 (с перфорацией без решетки)	2	40;65		2	Н	Д	60	
ЛСП02 (без перфорации с решеткой)	2	40;65		3	П	Д	75	
ЛСП02 (с перфорацией и решеткой)	2	40;65		4	Н	Д	75	
ПВЛМ	2	36; 40	IP 5'0	-	Н	Д	85	
ЛСП22	2	56	IP 5'3	3	П	Д	85	
ЛСП40	2	36	IP 5'0	3	Н	Д	55	
ЛСП44	2	18	IP 5'0	2	Н	Д	65	

Приложение 22 - Облучатели комбинированных установок

Тип облучательной установки	Тип источника излучения	Число ламп	Мощность ламп, Вт	Напряжение, В	Конструктивные параметры	
					габаритные размеры, мм	масса, кг
ИКУФ-1	ИКЗК220-250 ЛЭ15	2	520	220	910x195x240	5
		1		127		
ИКУФ-1М	ИКЗК220-250 ЛЭ15	2		220	910x195x240	
		1		127		
" Луч "	ИКЗК200-250 ЛЭ15	2		220	510x380x250	
		1		127		
" Эрико-1 "						
ИК-облучатель (аналогичен ОВИ-2)	ИКЗК220-250	1	250	220	300x180	0,8
Эритемно-осветительный (аналогичен ОЭСП)	ЛЭ30 ЛБ30	1	80	220	300x100x155	9
КСО-3	ЛЭ30 ДБ30 ДБ30	1	120	220	1055x230x120	6,5

Приложение 23 - Значения коэффициентов использования светового потока светильников с типовыми КСС

$\rho_{\text{пот}}$	$\rho_{\text{ст}}$	$\rho_{\text{р}}$	i	Тип КСС								
				М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2	Л
70	50	30	0,6	35	36	44	49	58	64	74	75	32
			0,8	50	50	52	60	68	74	83	84	49
			1,25	61	58	68	75	82	85	90	95	59
			2	73	72	84	90	96	95	96	104	71
			3	83	81	93	101	102	100	100	108	83
			5	95	90	103	106	109	105	106	115	91
70	30	10	0,6	26	28	33	42	48	57	65	67	24
			0,8	36	40	43	52	60	66	73	75	40
			1,25	46	49	56	69	73	76	81	84	50
			2	56	59	74	78	84	84	86	93	62
			3	67	68	80	73	90	83	89	97	71
			5	80	74	46	76	94	91	90	100	77
50	50	30	0,6	32	36	42	45	55	63	70	72	32
			0,8	45	48	51	56	66	72	78	80	47
			1,25	55	57	65	65	80	83	86	91	57
			2	67	66	71	78	92	91	92	99	69
			3	74	76	90	76	98	96	96	103	79
			5	84	85	85	84	103	100	100	108	90
50	30	10	0,6	23	27	33	41	48	57	64	68	24
			0,8	36	40	42	48	58	65	73	74	40
			1,25	45	48	52	64	72	75	80	84	49
			2	56	55	69	76	83	83	86	92	60
			3	65	65	75	70	86	86	88	93	70
			5	75	73	86	88	93	90	90	99	76
30	10	10	0,6	17	27	28	35	43	53	62	68	20
			0,8	29	35	36	45	54	62	71	72	35
			1,25	38	42	48	60	68	73	77	80	44
			2	46	52	63	73	79	80	83	89	48
			3	58	61	75	68	85	84	86	93	65
			5	67	68	81	77	90	86	88	97	69

Приложение 24 - Удельная мощность общего равномерного освещения. Светильники НСП54; НСП41; НСП09

(учтены значения $\rho_{\text{пот}} = 50\%$; $\rho_{\text{ст}} = 30\%$; $\rho_{\text{пол}} = 10\%$; $k = 1,3$; $Z = 1,15$)

h, м	S, м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-3	10-15	3,7	6,3	12,8	18,2	31	46,5	62
	15-25	3,1	5,3	9,7	14,4	23,4	35	46,7
	25-50	2,5	4,4	7,9	11,7	18,8	28,1	37,5
	50-100	2	3,6	6,4	9,2	15	22,5	30
	150-300	1,7	2,8	5,4	7,8	12,8	19,2	25,6
	>300	1,5	2,6	4,8	7	11,4	17	22,7

Продолжение приложения 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-4	10-15	5,8	10	18,8	28,2	47	75	94
	15-20	4,1	7,8	15,5	23,2	38,6	58	77,3
	20-30	3,2	6,3	12,4	18,5	30,9	46,4	61,8
	30-50	2,6	4,5	9,3	13,9	23,2	34,7	46,3
	50-120	2,2	3,9	7,4	11,1	18,5	27,8	37
	120-300	1,7	3,1	6	8,9	14,9	22,4	29,8
	>300	1,4	2,6	4,7	7,1	11,8	17,7	23,6
4-6	10-17	8,8	11,9	23,8	35,7	59,5	89,2	119
	17-25	6,4	10,3	20,6	30,9	51,5	77,2	103
	25-35	4,3	8,5	17	25,5	42,5	63,8	85
	35-50	3,4	6,8	13,6	20,4	34	51	68
	50-80	2,7	5,2	10,4	15,6	26	39	52
	80-150	2,1	4,1	8,2	12,3	20,5	30,8	41
	150-400	1,9	3,2	6,5	9,8	16,2	24,4	32,5

Приложение 25 - Удельная мощность общего равномерного освещения.
Светильники НСП02; НСП03; НСП11-100;200;500; НСП17-200-714

(учтены значения $\rho_{\text{пот}} = 50\%$; $\rho_{\text{ст}} = 30\%$; $\rho_{\text{пол}} = 10\%$; $\kappa = 1,3$; $Z = 1,1$)

h, м	S, м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5-2	10-15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15-25	2,9	5,8	11,6	17,4	29	43,5	56
	25-50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50-150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150-300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	>300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
2-3	10-15	5	10	20	30	50	75	100
	15-25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25-50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
	50-100	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150-300	1,9	3,8	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	>300	1,5	3	6	9	15	22,5	30
3-4	10-15	9,4	18,8	37,6	56,5	9,4	141	188
	15-20	7	13,9	27,8	41,7	69,5	104,2	139
	20-30	5	9,9	19,8	29,7	49,5	74,2	99
	30-50	3,7	7,3	14,6	21,9	36,5	54,7	73
	50-120	2,8	5,6	11,2	16,8	28	42	56
	120-300	2,2	4,4	8,8	13,2	22	33	44
	>300	1,6	3,2	6,4	9,6	16	24	32

Приложение 26 - Удельная мощность общего равномерного освещения.
Светильники НСП17-100

(учтены значения $\rho_{\text{пот}} = 50\%$; $\rho_{\text{ст}} = 30\%$; $\rho_{\text{пол}} = 10\%$; $\kappa = 1,3$; $Z = 1,15$)

h, м	S, м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-3	10-15	2,9	5,1	9,3	13,5	19,8	28,1	37,5
	15-25	2,3	3,9	7,3	9,6	15,7	22,5	29,9
	25-50	1,9	3,5	6,2	8,3	13,7	19,6	26,1
	50-100	1,6	2,9	4,9	6,8	11,3	16,4	21,8
	150-300	1,4	2,5	4,4	6,1	10	14,6	19,4
	>300	1,3	2,3	4	5,5	9,2	13,4	17,8

Продолжение приложения 26

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-4	10-15	3,5	6	11,8	16,5	27,8	41,8	55,7
	15-20	3	5,2	9,8	14,4	23,2	34,7	46,3
	20-30	2,5	4,3	7,9	11,5	18,8	28,3	37,3
	30-50	2	3,4	6,1	9	14,9	22,4	29,8
	50-120	1,7	2,9	5,3	7,9	12,9	19,4	25,8
	120-300	1,4	2,5	4,4	6,5	10,7	15	21,4
	>300	1,2	2,1	3,9	5,8	9,2	13,7	18,3
4-6	10-17	5,2	7,9	14,4	21,6	36	54	72
	17-25	3,7	6,5	19,5	18,8	31,2	46,9	62,5
	25-35	2,9	5,3	10,1	15,1	25,2	37,8	50,4
	35-50	2,4	4,3	8,3	12,4	20,8	31,1	41,5
	50-80	1,9	3,4	6,7	10	16,8	25	33,3
	80-150	1,6	2,9	5,4	8,1	13,5	20,2	27
	150-400	1,3	2,5	4,7	7	11,7	17,6	23,4
	>400	1,1	2	3,9	5,8	9,6	14,5	19,3

Приложение 27 - Удельная мощность общего равномерного освещения.
Светильники НСП17-200-324

(учтены значения $\rho_{\text{пот}} = 50\%$; $\rho_{\text{ст}} = 30\%$; $\rho_{\text{пол}} = 10\%$; $k = 1,3$; $Z = 1,15$)

h, м	S, м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-6	10-17	3,7	6,8	12,4	19,8	30,2	42	56
	17-25	3	5,6	10	15,4	23	33,6	44,8
	25-35	2,5	4,7	8,5	12	18,7	28,9	38,5
	35-50	2	3,9	7,2	10,2	15,5	24	32
	50-80	1,8	3,3	6,2	8,7	13,3	19,7	26,3
	80-150	1,5	2,7	5,1	7,2	11	16,4	21,9
	150-400	1,2	2,2	4,1	5,6	8,8	13,2	17,6
	>400	1	1,8	3,4	4,6	7,3	10,8	14,4
6-8	25-35	3,6	6	9,9	15,6	26	39	52
	35-50	2,9	5	8,7	13,2	22	33	44
	50-65	2,4	4,4	7,6	11,5	19,1	28,7	38,2
	65-90	2	3,9	6,6	9,9	16,5	24,8	33
	90-135	1,7	3,3	5,8	8,2	13,7	20,6	27,4
	135-250	1,4	2,7	4,7	6,8	11,4	17,1	22,8
	250-500	1,1	2,2	3,8	5,6	9,4	14,1	18,8
	>500	0,9	1,7	3	4,5	7,5	11,2	15
8-12	50-70	3	5,8	10,5	15,8	26,2	39,4	55,3
	70-100	2,6	4,7	9,1	13,6	22,6	34	52,5
	100-130	2,2	3,9	7,8	11,7	16,4	29,2	38,9
	130-200	1,9	3,3	6,5	9,7	16,2	24,3	32,4
	200-300	1,6	2,8	5,3	8	13,2	19,9	26,5
	300-600	1,3	2,3	4,4	6,6	11	16,5	22
	600-1500	1	1,9	3,5	5,3	8,8	13,3	17,7
	>1500	0,9	1,5	2,9	4,4	7,4	11	14,7

Приложение 27 - Характеристики нагревательных проводов

Характеристика	ПОСХВ	ПОСХВТ	ПОСХП
1	2	3	4
Наружный диаметр D, мм	2,9	3,4	2,3
Диаметр жилы d, мм	1,1	1,4	1,1
теплопроводность изоляции, Вт/м·°С	0,17	0,3	0,21

Эл. сопротивление 1 м, Ом	0,174	0,12	0,194
---------------------------	-------	------	-------

Продолжение приложения 27

1	2	3	4
Допустимая рабочая температура, °С	70	105	90
Изоляция	поливинилхлорид	поливинилхлорид	полиэтилен
Материал жилы	сталь	сталь	сталь

Приложение 28 - Рекомендуемые расчетные температуры

Объект	Температура, °С	КПД обогреваемой полосы	Температура воздуха в помещении, °С
Площадка пола для:			
поросят-сосунов	28—32	0,78-0,80	20
поросят-отъемышей	22—24	0,78-0,82	16
свиноматок	16—20	0,68-0,76	13
мясных цыплят	35	0,80-0,85	24
гусей	30	0,78-0,83	23

Приложение 29 - Коэффициенты теплопроводности строительных материалов, Вт/(м·°С)

Железобетон	1,63
Бетон на кирпичном щебне	1,05
Шлакобетон	0,64
Кирпичная кладка из силикатного кирпича	0,87
Асфальт	0,76
Асфальтобетон	1,05
Дерево	0,17

Приложение 30 - Характеристики помещений

Помещение	Фвн	Фнар	tвн, °С	g _o , кДж/м ³ ·°С
Коровники привязного и боксового содержания	80-85	90	10	2
То же, беспривязного содержания на глубокой подстилке	70	91	6	2,1
Родильное отделение	70	85	16	2,3
Профилактория для телят	75	86	18	2,3
Помещение для телят в возрасте более 20 суток	70	83	15	2,4
Помещение для молодняка в возрасте 4...12 мес.	70	84	12	2,4
Помещения для хряков производителей, холостых и легкосупоросных маток	75	81	15	2,8
То же, для глубокосупоросных и подсосных маток	76	82	18	3
То же, для ремонтного молодняка	74	80	16	2,6
Куры	60-70	86	12...16	2,8
Утки	70-80	84	14	2,8

Приложение 31 - Нормы выделений животных и птицы

Вид и группа животных	Масса, кг	Количество на 1 голову		
		свободного тепла, Вт	углекислоты, л/ч	водяных паров, г/ч
1	2	3	4	5
Коровы стельные	400	640	110	350
	600	779	138	440
Коровы лактирующие (удой 10 л)	300	543	96	307
	400	644	114	364
	500	726	128	410
Коровы лактирующие (удой 15 л)	400	730	129	413
	500	810	143	457
	600	876	156	494
Волы откормочные	400	779	139	445
	600	954	169	540
	800	1140	202	648
Телята в возрасте: до 1 мес.	30	84	15	47
	50	144	26	83
	80	215	38	121
От 1 До 3 мес.	60	180	32	102
	100	237	42	135
От 3 До 4 мес.	90	207	37	118
	150	321	57	183
От 4 и старше	120	270	48	153
	180	406	71	227
	250	416	74	236
Хряки	100	249	44	123
	200	322	57	161
	300	435	77	216
Свиноматки холостые и супоросные до 3 мес.	100	205	36	101
	150	236	42	118
	200	300	48	134
Свиноматки супоросные от 4 мес. супоросности	100	234	43	120
	150	287	50	141
	200	324	57	160
Свиноматки подсосные с поросятами	100	493	87	242
	150	564	99	276
	200	652	114	320
Молодняк	50	157	27	77
	80	220	38	107
	100	235	43	119
Свиньи откормочные	200	358	63	175
	300	471	83	230
Вид и группа животных	Масса, кг	Количество на 1 кг птицы		
		свободного тепла, Вт	углекислоты, л/ч	водяных паров, г/ч

Куры яичных пород (содержание в клетках)	1,5-1,7	7,9	1,7	5,1
Куры яичных пород (напольное содержание)	1,5-1,7	9,2	2	5,8
Куры мясных пород (напольное содержание)	2,5-3	8,4	1,8	5,8
Утки (напольное содержание)	3,5	5,6	1,2	3,6

Приложение 32 - Технические характеристики нагревательных элементов

Материал	Плотность 10^{-3} , кг/м ³	Уд. эл. сопр. при 20 °С 10^{-6} Ом·м	Темп. коэфф. эл. сопрот., 10^{-6} °С ⁻¹	Макс. раб, температура, °С	Температура плавления, °С
Нихром двойной Х20Н80-Н	8,4	1,1	16,5	1200	1400
Нихром тройной Х15Н60-Н	8,3	1,1	16,3	1100	1390
Константин	8,9	0,5	5	450	1270
Сталь малоуглеродистая	7,8	0,135	450	300	1460

Приложение 33 - Нагрузки в амперах, соответствующие определенным температурам нагрева нихромовой проволоки

Диаметр проволоки, мм	Сечение, мм ²	Допустимые нагрузки (А) при расчетной температуре $t_{РАБ}$, 20 °С						
		200	400	600	700	800	900	1000
5	19,6	52	83	105	124	146	173	206
4	12,6	37	60	80	93	110	129	151
3	7,07	22,3	37,5	54,5	64	77	88	102
2,5	4,91	16,6	27,5	40	46,6	57,5	66,5	73
2	3,14	11,7	19,6	28,7	33,8	39,5	47	51
1,8	2,54	10	16,9	24,9	29	33,1	39	43,2
1,6	2,01	8,6	14,4	21	24,5	28	32,9	36
1,5	1,77	7,9	13,2	19,2	22,4	25,7	30	33
1,4	1,54	7,25	12	17,4	20	23,3	27	30
1,3	1,33	6,6	10,9	15,6	17,8	21	24,4	27
1,2	1,13	6	9,8	14	15,8	18,7	21,6	24,3
1,1	0,95	5,4	8,7	12,4	13,9	16,5	19,1	21,5
1	0,785	4,85	7,7	10,8	12,1	14,3	16,8	19,2
0,9	0,636	4,25	6,7	9,35	10,45	12,3	14,5	16,5
0,8	0,503	3,7	5,7	8,15	9,15	10,8	12,3	14
0,75	0,442	3,4	5,3	7,55	8,4	9,95	11,25	12,85
0,7	0,385	3,1	4,8	6,95	7,8	9,1	10,3	11,8
0,65	0,342	2,82	4,4	6,3	7,15	8,25	9,3	10,75
0,6	0,332	2,52	4	5,7	6,5	7,5	8,5	9,7
0,55	0,238	2,25	3,55	5,1	5,8	6,75	7,6	8,7
0,5	0,195	2	3,15	4,5	5,2	5,9	6,75	7,7

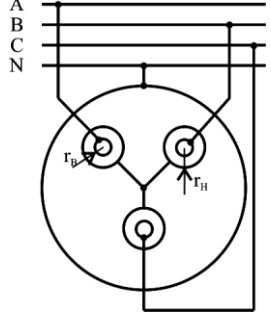
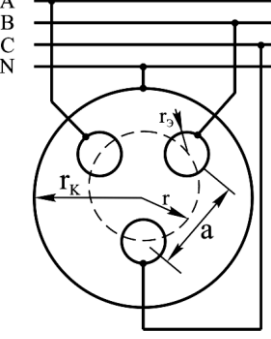
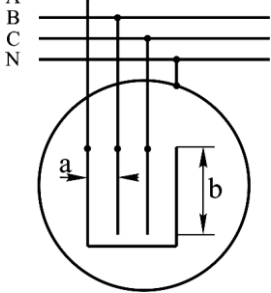
Приложение 34 - Стекловидные резистивные покрытия для ПЭН-элементов

Компоненты состава		Удельное поверхностное сопротивление $\rho_{\text{п}}$, Ом/□	Допустимая удельная мощность $w_{\text{д}}$, 10^3 Вт/м ²	$t_{\text{доп}}$, °С	Расстояние между резистивными полосами δ , мм
функциональный токоведущий материал (порошок)	стеклосвязка+ +наполнитель+ +модификатор				
Ферросилиций	силикатонатр	10...100	15	150	5
Алюминий	борованад	$(0,8...22) \cdot 10^{-2}$	1	70	6
Титан	силикатобор+ +глина	2...15	40	170	4
Титан	боросиликат	3...12	40	200	2
Дисилицид молибдена	силикатонатр	3,14...15,4	40	250	3

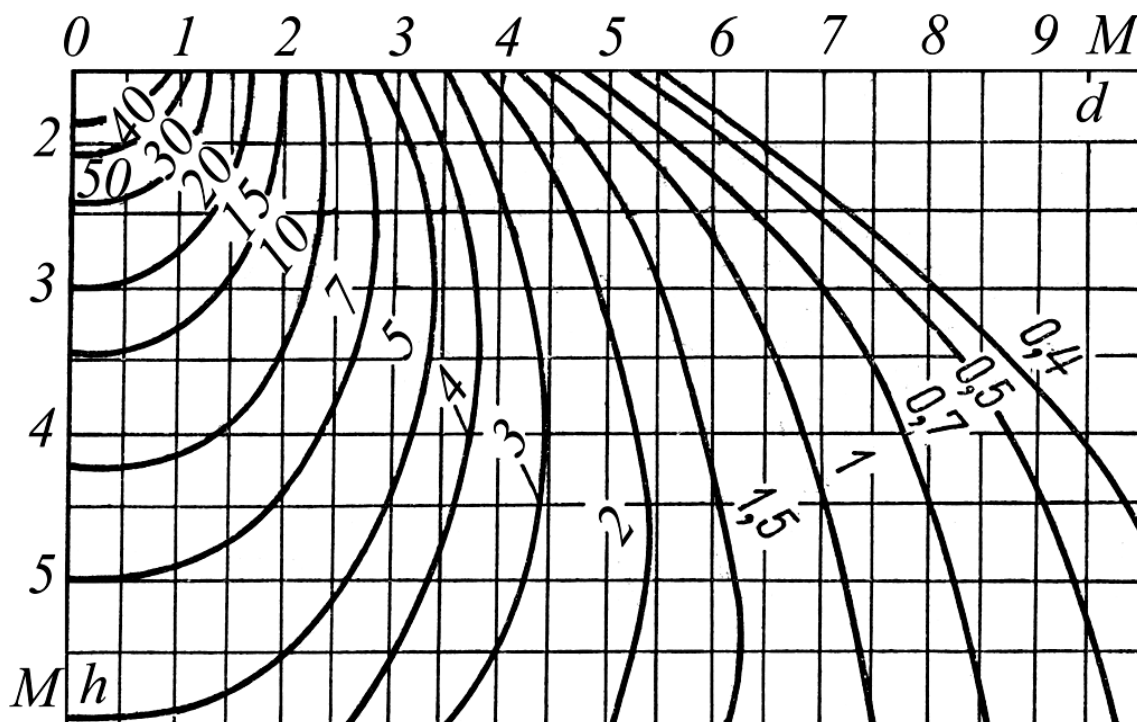
Приложение 35 - Рекомендуемые температуры воды для технологических процессов

Процесс	Температура, °С
Подогрев воды	
для отопления	70-95
для мойки молочного оборудования	55-65
для подмывания вымени коров	37-38
для приготовления кормов	40-65
для полива растений	12-20
Отопление	
животноводческих помещений	8-20
птицеводческих помещений	16-35
теплиц и парников	20-30
подогрева воздуха	10-35
для активного вентилирования сельскохозяйственной продукции	10-35
для сушки сельскохозяйственной продукции	30-300
Обогрев	
Полов животноводческих и птицеводческих помещений	14-36
Почвы парников и теплиц	18-25

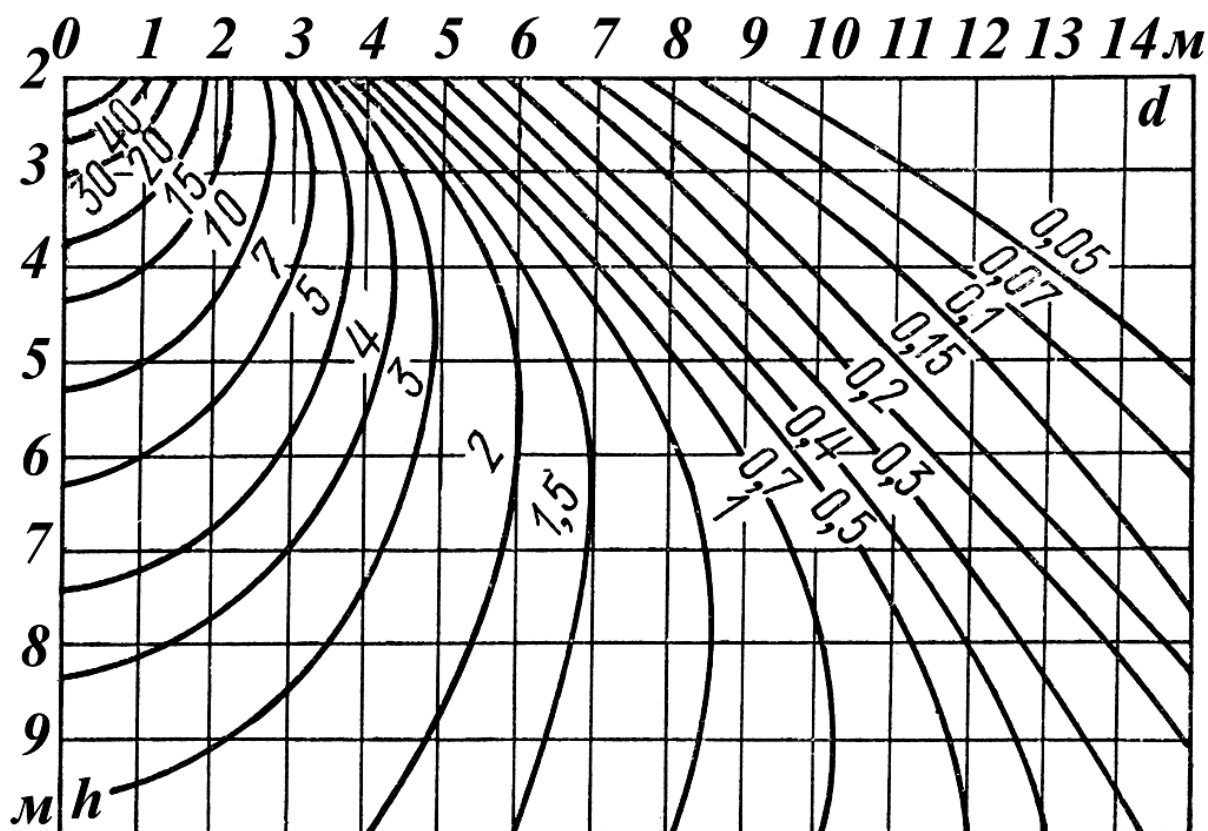
Приложение 36 - Конструкции электродной системы

	Конструкция схемы электродной системы	Эквив. схема основная (допол.)	Геометрический коэффициент	Максимальная напряженность	Оптимальное соотношение
а		Y	$\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{r_H}{r_B}$	$E_{\text{МАКС}} = \frac{U_{\phi}}{r_B \cdot \ln \frac{r_H}{r_B}}$	$r_B/r_H=0,368$
б		Δ (Y)	$\frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \ln \left[\frac{3 \cdot r^2 \cdot (r_K^2 - r^2)^3}{r_3^2 \cdot (r_K^6 - r^6)} \right]$	$E_{\text{МАКС}} = \frac{0,43 \cdot U_{\text{Л}}}{\sqrt{3 \cdot r_3} \cdot \lg \frac{2 \cdot r_3 + a}{r_3 \cdot \sqrt{3}}}$	$r=0,51 \cdot r_K$ $r_3=0,21 \cdot r_K$
в		Δ (Y)	a/b		

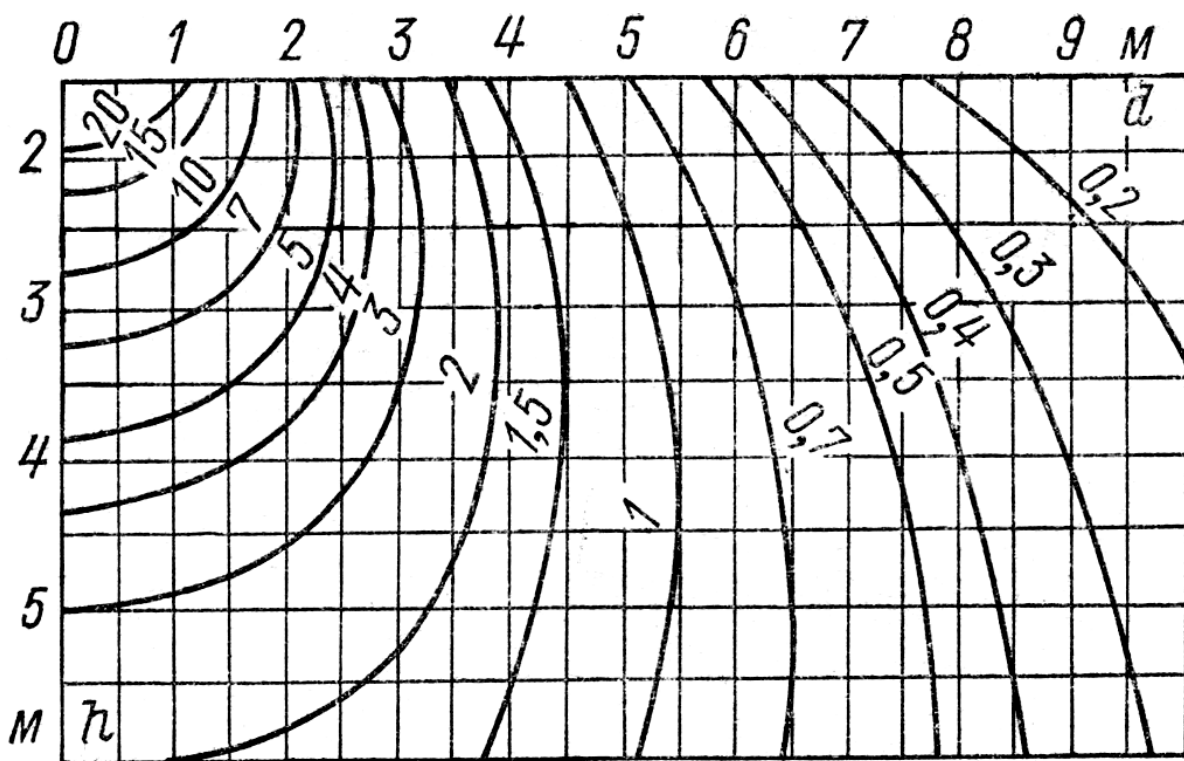
Приложение 37 - Пространственные изолюксы



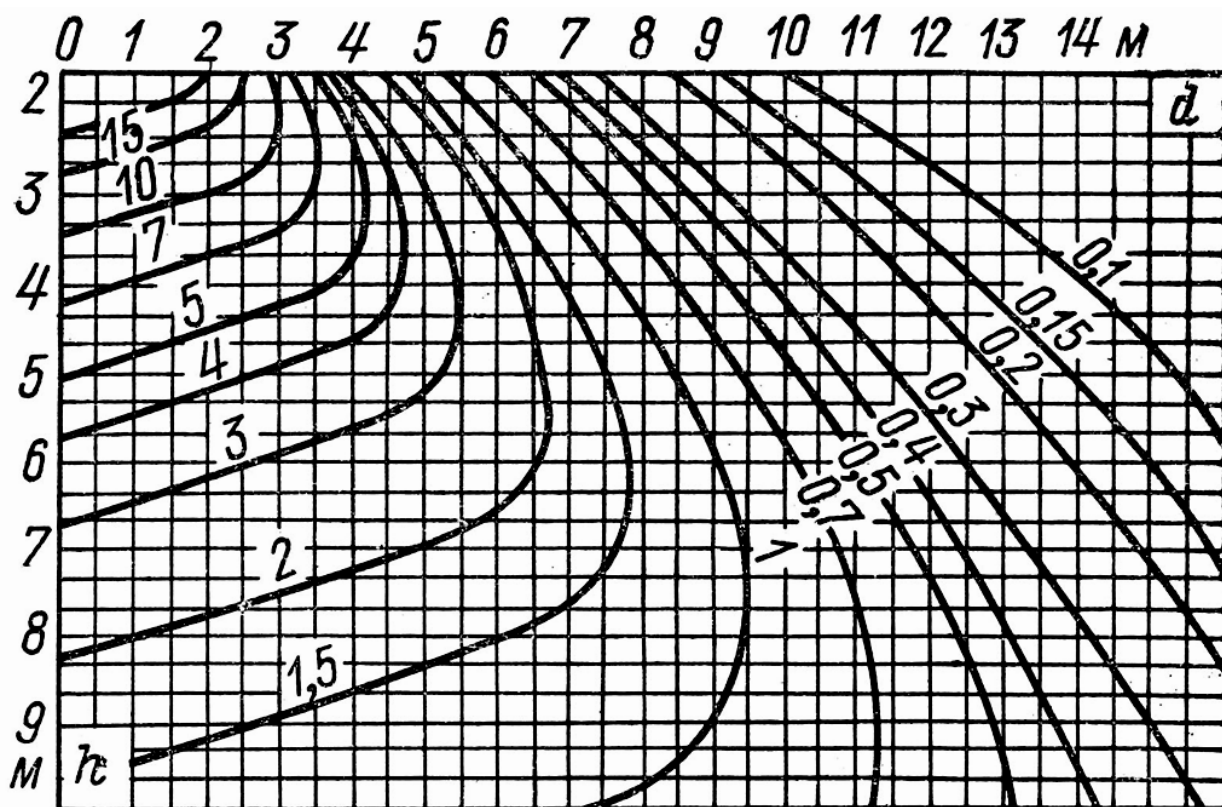
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности
КСС - «Д»



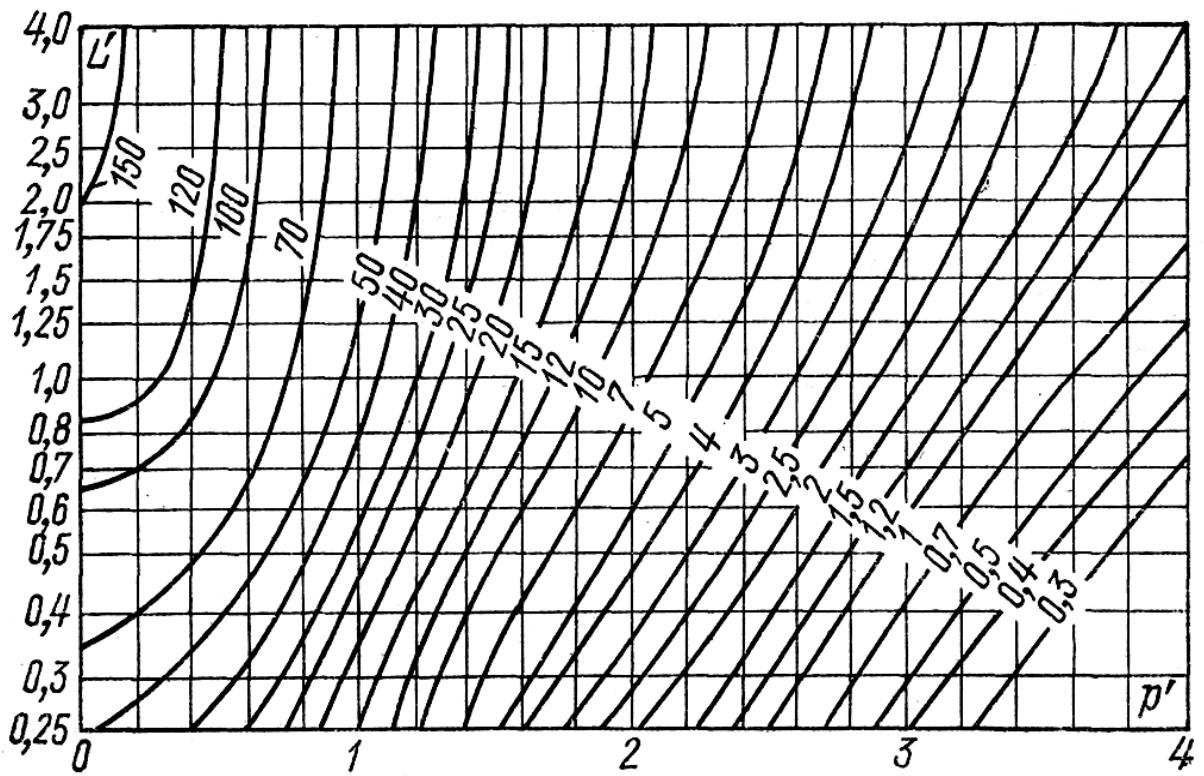
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности
КСС- «Г»



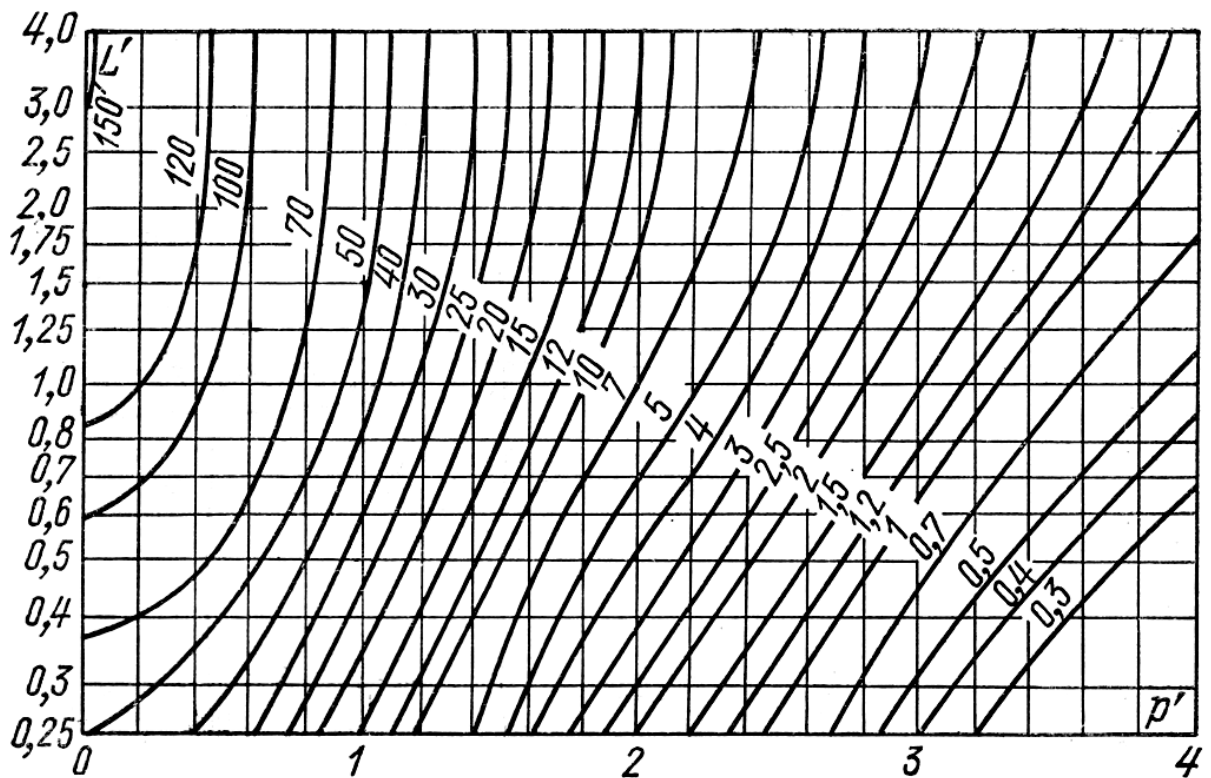
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности
КСС – «М»



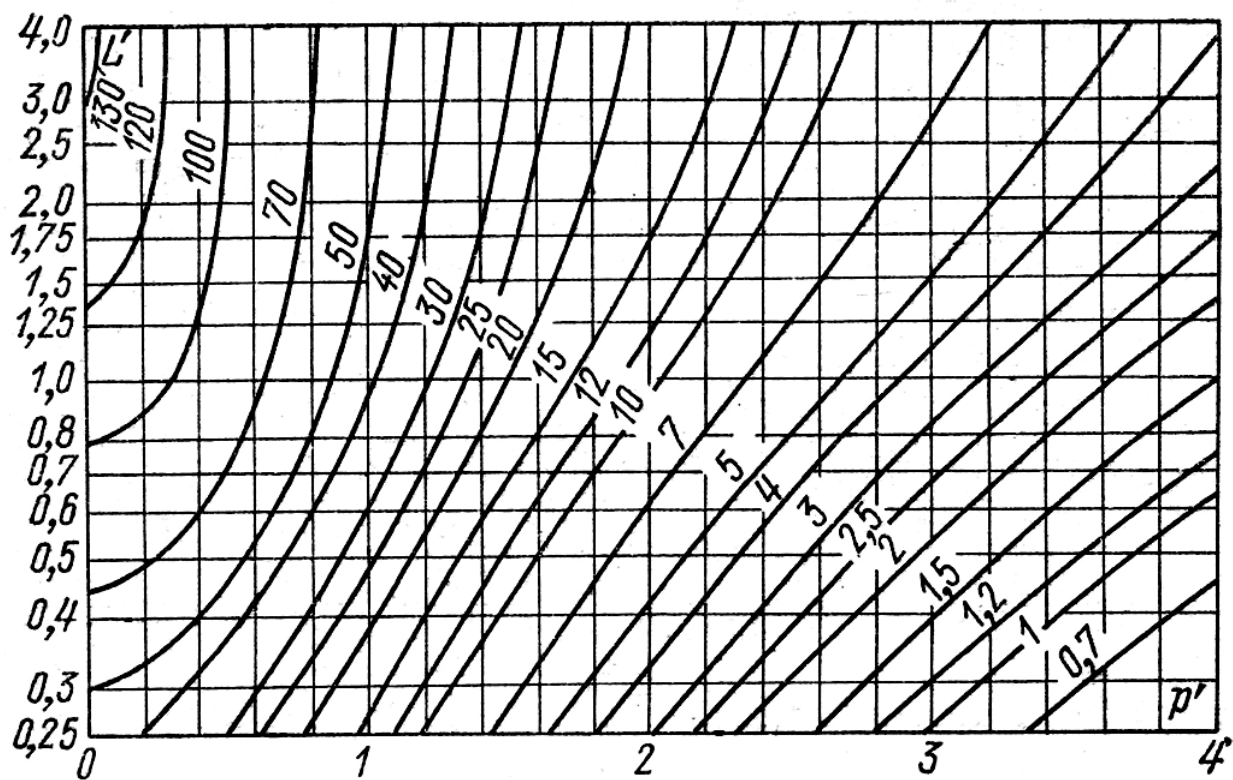
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности
КСС – «Л»



Линейные изолюксы КСС – «Д»



Линейные изолюксы КСС – «М»



Линейные изолюксы КСС – «Г»

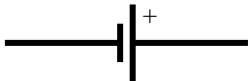
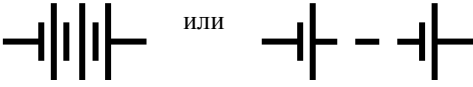
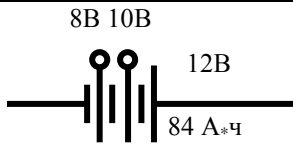
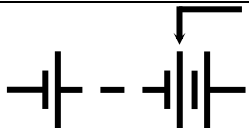

Приложение 39 - Удельная мощность общего равномерного освещения при освещенности 100 лк. Светильники с




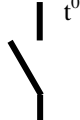
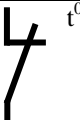



люминесцентными лампами



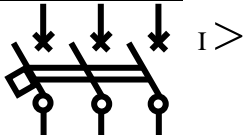
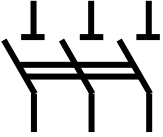
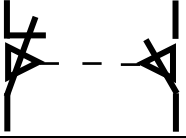


(учтены значения $\rho_{\text{пот}} = 50\%$; $\rho_{\text{ст}} = 30\%$; $\rho_{\text{пол}} = 10\%$; $\kappa = 1,5$; $Z = 1,1$)


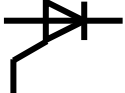

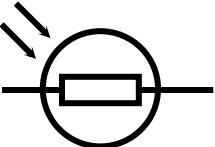
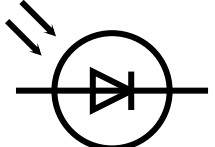
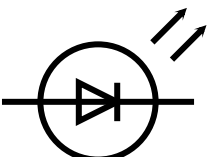
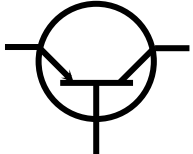
h, м	S, м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , для групп светильников и типов ламп															
		Группа 1				Группа 2				Группа 3				Группа 4			
		ЛБ-40,65	ЛХБ-40,65; ЛБ-80; ЛТБ-40,65; ЛД-40	ЛХБ-80; ЛДЦ-40 ЛТБ-80; ЛД-65	ЛД-80; ЛДЦ-65,80	ЛБ-40,65	ЛД-40; ЛБ-80; ЛХБ-40,65; ЛТБ- 40,65	ЛХБ-80; ЛТБ-80; ЛД-65; ЛДЦ-40	ЛД-80; ЛДЦ-65,80	ЛБ-40,65	ЛХБ-40,65; ЛБ-80; ЛТБ-40,65; ЛД-40	ЛХБ-80; ЛДЦ-40 ЛТБ-80; ЛД-65	ЛД-80; ЛДЦ-65,80	ЛБ-40,65	ЛД-40; ЛБ-80; ЛХБ-40,65; ЛТБ- 40,65	ЛХБ-80; ЛТБ-80; ЛД-65; ЛДЦ-40	ЛД-80; ЛДЦ-65,80
2-3	10-15	9,8	11,0	12,4	14,9	8,7	9,9	11,6	13,4	8,8	10,3	11,6	13,2	9,6	10,9	12,5	14,6
	15-25	7,8	8,7	9,7	11,2	7	8,1	9,2	10,7	7,1	8,4	9,4	11	7,6	9	10	11,6
	25-50	5,8	6,8	7,5	8,6	5,7	6,6	7,4	9,6	5,7	6,7	8,7	8,9	6,1	7,2	8,1	9,4
	50-150	4,4	5,4	6,0	6,9	4,5	5,3	6	6,9	4,5	5,4	6,1	7	4,9	5,8	6,6	7,6
	150-300	4,0	4,7	5,2	6,1	4	4,7	5,3	6,1	4,1	4,8	5,5	6,3	4,4	5	5,7	6,6
	>300	3,6	4,1	4,7	5,4	3,4	4	4,5	5,2	3,9	4,5	5	5,7	3,9	4,5	5	5,9
3-4	10-15	13	15,2	17,6	20	14,8	15,2	16,2	18,4	12,6	14,5	16,3	19	14,2	18,4	21	24
	15-20	11,6	13,6	15,5	18	11,3	12,5	14,2	15,9	10,3	12	13,7	15,8	11,2	14,5	16	18,6
	20-30	9,9	11,2	13,0	15,6	8,4	9,7	11,3	13,3	8,7	10,1	11,5	13	9,5	10,8	12,5	14,5
	30-50	7,7	8,6	10	12,1	6,8	7,9	9	10,3	7,2	8,3	9,5	10,9	7,6	8,9	10	11,4
	50-120	5,5	6,4	7,4	8,4	5,5	6,4	7,3	8,4	5,5	6,5	7,4	8,6	5,9	7	7,8	9,1
	120-300	4,4	5,2	5,9	6,7	4,5	5,2	5,9	6,8	4,5	5,3	6,1	7	4,8	5,7	6,5	7,5
	>300	3,6	4,1	4,7	5,4	3,4	4	4,5	5,2	3,9	4,5	5	5,7	3,9	4,5	5	5,9
4-6	10-17	15	17,3	21	22	18	18,6	19,7	22	16,3	18,3	20	24	21	26	28	30
	17-25	13,6	15,8	18,2	20	15,5	16,4	17,2	19,6	13,5	15,3	17,1	19,7	15,6	20	23	27
	25-35	12,4	14,4	16,5	18,5	12,7	13,7	15	16,8	10,9	12,5	14,6	15,8	12	16,1	17,2	20
	35-50	10,8	12,1	14,2	15,8	9,2	10,5	12,4	14,1	9	10,9	12,3	14	10,3	11,7	13,8	16
	50-80	8,5	9,5	10,5	11,8	7,4	8,6	9,8	11,2	7,6	8,9	9,9	11,5	8,1	9,5	10,7	12,3
	80-150	6,0	7	7,9	9,2	6,1	7,1	8,3	9,4	6,1	7,1	8,1	9,5	6,6	7,8	8,8	10,2
	150-400	4,6	5,4	6,2	7	4,8	5,6	6,4	7,4	4,6	5,4	6,2	7,1	5,3	6,2	7	8,1
	>400	3,5	4,1	4,7	5,4	3,4	4	4,5	5,2	3,9	4,5	5	5,7	3,9	4,5	5	5,9

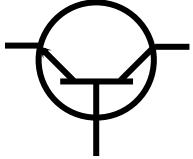
ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПО ГОСТу

Обозначение	Наименование	ГОСТ
3 ~ 50 Гц 220 В	Переменный ток, трехфазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В	ГОСТ 2.721-74
3N ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода, нейтраль) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721-74
3NPE ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721-74
3PEN ~ 50 Гц 220/380 В	Переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, один провод защитный с заземлением, выполняющий функцию нейтрали) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	ГОСТ 2.721-74
	Гальванический элемент (первичный или вторичный) Примечание. Допускается знаки полярности не указывать	ГОСТ 2.768-90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов	ГОСТ 2.768-90
	Батарея с отводами от элементов	ГОСТ 2.768-90
	Батарея, состоящая из гальванических элементов с переключаемым отводом	ГОСТ 2.768-90
	Контакт замыкающий	ГОСТ 2.755-87

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Контакт размыкающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий	ГОСТ 2.755–87
	Контакт переключающий, с нейтральным центральным положением	ГОСТ 2.755–87
Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт)		
	1) замыкающий	ГОСТ 2.755–87
	2) размыкающий	ГОСТ 2.755–87
Контакт замыкающий с замедлением, действующим:		
	1) при срабатывании	ГОСТ 2.755–87
	2) при возврате	ГОСТ 2.755–87
	3) при срабатывании и при возврате	ГОСТ 2.755–87

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Контакт замыкающий выключателя	
	1) однополюсный	ГОСТ 2.755–87
	2) трехполюсный	ГОСТ 2.755–87
	Контакт замыкающий выключателя трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока	ГОСТ 2.755–87
	Разъединитель трехполюсный (рубильник)	ГОСТ 2.755–87
	Выключатель концевой с двумя отдельными цепями	ГОСТ 2.755–87
	Выключатель кнопочный нажимной:	
	1) с замыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74
	2) с размыкающим контактом	ГОСТ 2.755–74

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	Диод	ГОСТ 2.730–73
	Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении, с управлением:	
	1) по аноду	ГОСТ 2.730–73
	2) по катоду	ГОСТ 2.730–73
	Фоторезистор	ГОСТ 2.730–73
	Фотодиод	ГОСТ 2.730–73
	Светодиод	ГОСТ 2.730–73
	Транзистор:	
	1) типа PNP	ГОСТ 2.730–73

Обозначение	Наименование	ГОСТ
	<p>2) типа NPN</p> <p>Примечание. Для упрощения на схемах допускается выполнять обозначения транзисторов в зеркальном изображении, проводить линию электрической связи от эмиттера или коллектора перпендикулярно или параллельно линии вывода</p>	ГОСТ 2.730–73

БУКВЕННЫЕ КОДЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ГОСТу 2.710–81

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбук-венный код
А	Устройство (общее обозначение)		
В	Преобразователи неэлектрических величин (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Сельсин–датчик Детектор ионизирующих излучений Сельсин–приемник Телефон (капсоль) Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор)	ВА ВВ ВС ВД ВЕ ВF ВК ВL ВМ ВР ВQ ВR

		Звукосниматель Датчик скорости	BS BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная, цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройство задержки	DA DD DS DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA FP FU FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое	KA KH KK

		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. д.)	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF

T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от температуры	SK
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	от уровня	SL
		от давления	SP
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
W	Соединения контактные	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Трансформатор напряжения	TV
		Модулятор	UB
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UI
W	Соединения контактные	Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
		Диод, стабилитрон	VD
W	Соединения контактные	Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
W	Соединения контактные	Тиристор	VS
		Антенна	WA
W	Соединения контактные	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
W	Соединения контактные	Вентиль	WS
		Трансформатор, неоднородность, фазовращатель	WT
W	Соединения контактные	Антенюатор	WU
		Токоъемник, контакт скользящий	

X	Устройства механические с электромагнитным приводом	Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT XW
Y	Устройства оконечные фильтры. Ограничители	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA YB YC YH
Z		Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

ЛИТЕРАТУРА

1. Баев, Виктор Иванович. Практикум по электрическому освещению и облучению : учеб. пособие для вузов / В. И. Баев, 2008. - 191 с.
2. Баранов, Леонид Афанасьевич. Светотехника и электротехнология : учеб. пособие для вузов по спец. 110302 "Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва" / Л. А. Баранов, В. А. Захаров, 2006. - 343 с.
3. Долгих, Павел Павлович. Светотехнические термины и определения: словарь-справочник : учеб. пособие для вузов / П. П. Долгих, Я. А. Кунгс, Н. В. Цугленок, 2004. - 154 с.
4. Кашкаров А. П. Устройства на светодиодах, и не только [Электронный учебник] / Кашкаров А.П., 2012. – Режим доступа:
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4689
5. Козловская, Влада Борисовна. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич, 2008. - 271 с.
6. Трухачев В. И. Светодиодное освещение в промышленном птицеводстве: монография [Электронный учебник] / Трухачев В.И., Зонов М.Ф., Самойленко В.В., 2012. - Режим доступа:
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5754
7. <http://electro-vgsha.narod.ru>. - Курс лекций по дисциплине «Светотехника и электротехнология», часть 2 «Электротермия».
8. <http://www.studfiles.ru>. – Курс лекций по дисциплине «Светотехника и электротехнология».