

ISSN 2409-3203
Свидетельство о регистрации
СМИ ЭЛ № ФС 77 - 61396

Международный научно-практический журнал

Эпоха науки

электронное периодическое издание

Учебное пособие

Ачинск 2016

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»
Ачинский филиал

П.П. Долгих

**СВЕТОТЕХНИКА:
курсовая работа**

Учебное пособие

Ачинск 2016

Рецензент:

Кожухов В.А., к.т.н., доцент кафедры теоретических основ электротехники,
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ

Научный редактор:

Боев В.Р. к.т.н., доцент, АО «Информационные спутниковые системы» им.
академика М.Ф. Решетнёва

Долгих П.П.

Светотехника: курсовая работа. Учеб. пособие / П.П. Долгих //; Краснояр.
гос. аграр. ун-т. – Ачинск, 2016. – 89 с.

Учебное пособие содержит рекомендации по выполнению курсовой работы. Составлено на основании примерной программы дисциплины «Светотехника и электротехнологии». Может быть использовано студентами, обучающимися: по направлению 35.03.06 – Агроинженерия; по специальности 35.02.08 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства, а также специалистами, работающими в области проектирования осветительных установок

Печатается по решению редакционно-издательского совета Красноярского государственного аграрного университета

© Долгих П.П., 2016

© Красноярский государственный аграрный университет, 2016

Содержание

Введение.....	5
1 Структура, содержание и объем курсовой работы.....	6
2 Методические указания к выполнению отдельных разделов работы.....	10
2.1 Технологическая часть.....	10
2.2 Светотехническая часть.....	12
2.3 Электротехническая часть.....	31
Приложение 1. Задание на курсовую работу по дисциплине «Светотехника».....	41
Приложение 2. Нормы освещенности.....	44
Приложение 3. Значения коэффициента запаса, учитывающего снижение освещенности в процессе эксплуатации осветительной установки.....	47
Приложение 4. Технические данные светильников.....	48
Приложение 5. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС различного типа.....	56
Приложение 6. Пример расчета точечным методом.....	60
Приложение 7. Индекс помещения $I_{п}$ при $A/B \leq 3$	62
Приложение 8. Индекс помещения $I_{п}$ при $A/B > 3$	62
Приложение 9. Коэффициент использования светильников с типовыми КСС.....	63
Приложение 10. Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми кривыми силы света, излучаемого в нижнюю полусферу.....	65
Приложение 11. Коэффициент использования светового потока светильников (любого типа), излучаемого в верхнюю полусферу.....	66
Приложение 12. Пример расчета помещения методом коэффициента использования.....	67
Приложение 13. Значения коэффициента c , входящего в формулы для расчета сетей по потере напряжения.....	68
Приложение 14. Длительно допустимые токи для проводов и кабелей с алюминиевыми и медными жилами.....	69
Приложение 15. Пример расчета потерь напряжения.....	71
Приложение 16. Технические данные автоматических выключателей.....	72

Приложение 17. Условные графические обозначения электрооборудования и проводок на планах.....	73
Приложение 18. План сети освещения.....	81
Приложение 19. Пример оформления титульного листа.....	82
Приложение 20. Обозначение документа.....	83
Приложение 21. Перечень общепринятых кодов документов...	85
Приложение 22. Экспликация помещений.....	87
Список использованных источников.....	88

Введение

Качество освещения занимает одно из важнейших мест в сельском хозяйстве и промышленности. Исследованиями установлено, что при современном интенсивном производстве правильно спроектированное освещение позволяет повысить производительность труда на 10-12 %. Высокий уровень освещенности влияет на увеличение продуктивности животных и птицы. Создание искусственного дня (по продолжительности и интенсивности) позволяет регулировать физиологические процессы у животных.

Хорошее освещение обеспечивается грамотно спроектированными и регулярно обслуживаемыми осветительными установками. Осветительные установки – это сложные комплексные устройства, которые должны не только обеспечивать необходимую освещенность, но и соответствовать множеству требований, о которых указано в данном учебном пособии. От качества освещения зависят и производительность труда, и уровень брака, и утомляемость людей, и расход электроэнергии, и, в конечном итоге, – здоровье человека и психологический климат в коллективе. Поэтому к вопросу освещения необходимо подходить исключительно ответственно, учитывая все перечисленные критерии качества освещения.

Для выполнения курсовой работы студенту потребуются знания основ электротехники и светотехники, умение рассчитывать освещение и осветительную сеть, выбирать рациональные схемы размещения осветительных приборов и электрических сетей. Кроме этого студент обязан знать основы работы в Microsoft Office Word, Компас 3D или AutoCAD.

Используя данное учебное пособие, студент может выполнить курсовую работу, практически не обращаясь к другим литературным источникам, но это должно быть исключением. Качественная работа может быть выполнена только при условии использования всей литературы, приводимой в перечне к учебному пособию.

1 Структура, содержание и объем курсовой работы

Завершающий этап изучения дисциплины «Светотехника» – курсовая работа, цель которой систематизировать, расширить, углубить и закрепить теоретические знания студента. В процессе этой работы обучающийся приобретает навыки и опыт самостоятельного проектирования осветительных установок. Каждый студент получает от преподавателя индивидуальное *задание* и в соответствии с приведенными здесь методическими указаниями разрабатывает проект осветительной установки. Поощряется выполнение курсовой работы по реальному объекту с числом помещений не менее 10. План помещений в этом случае должен быть заверен преподавателем или руководителем предприятия.

Задание на курсовую работу включает название объекта, для которого должна быть разработана осветительная установка (приложение 1). Задание может быть индивидуальным, в зависимости от темы курсовой работы или выпускной квалификационной работы (по согласованию с преподавателем).

При расчетах студенту следует, кроме рекомендуемой здесь литературы, использовать справочные, нормативные, специальные периодические материалы, а также типовые проекты.

Курсовая работа по светотехнике состоит из трех частей: **технологической, светотехнической и электротехнической.**

Технологическая часть включает характеристику строительной части и краткое описание технологических процессов в отдельных помещениях.

Светотехническая часть содержит: выбор источников света, нормированной освещенности, вида и системы освещения, типа светильников, 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 каталогов фирм-производителей).

Световой поток ламп определяют следующими методами: *точечным методом, методом коэффициента использования светового потока.* В пояснительной записке приводят подробный расчет одного помещения двумя методами, результаты расчетов по остальным помещениям (любым методом) – в светотехнической ведомости.

Электротехническая 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.

Решения отдельных вопросов светотехнической и электротехнической частей тесно взаимосвязаны и выполняются параллельно.

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

Расчетно-пояснительная записка содержит задание на проектирование, краткую характеристику объекта, проектные решения с обоснованием по светотехнической части, светотехническую ведомость, проектные решения с обоснованием по электротехнической части, расчетную схему сети, список использованных источников.

Объем *расчетно-пояснительной записки* 20...30 с на листах формата (А4).

Графическая часть работы содержит чертеж на одном листе формата (А1), 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, марку провода, площадь его сечения и способ прокладки. На чертеже обязательно должны быть экспликация помещений объекта (приложение 22); расчетная схема осветительной сети; условные обозначения и надписи; спецификация на оборудование и материалы.

Форматы, рамки чертежа должны соответствовать ГОСТ 2.301-68. Установлено пять основных форматов для чертежей и других конструкторских документов (таблица 1).

Таблица 1 – Размеры сторон основных форматов

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

Каждый чертеж должен иметь рамку, которая ограничивает его поле (рисунок 1). Линии рамки проводят сверху, справа и снизу на расстоянии 5 мм от внешней кромки, а с левой стороны на расстоянии 20 мм от нее. Эту полоску оставляют для подшивки чертежей.

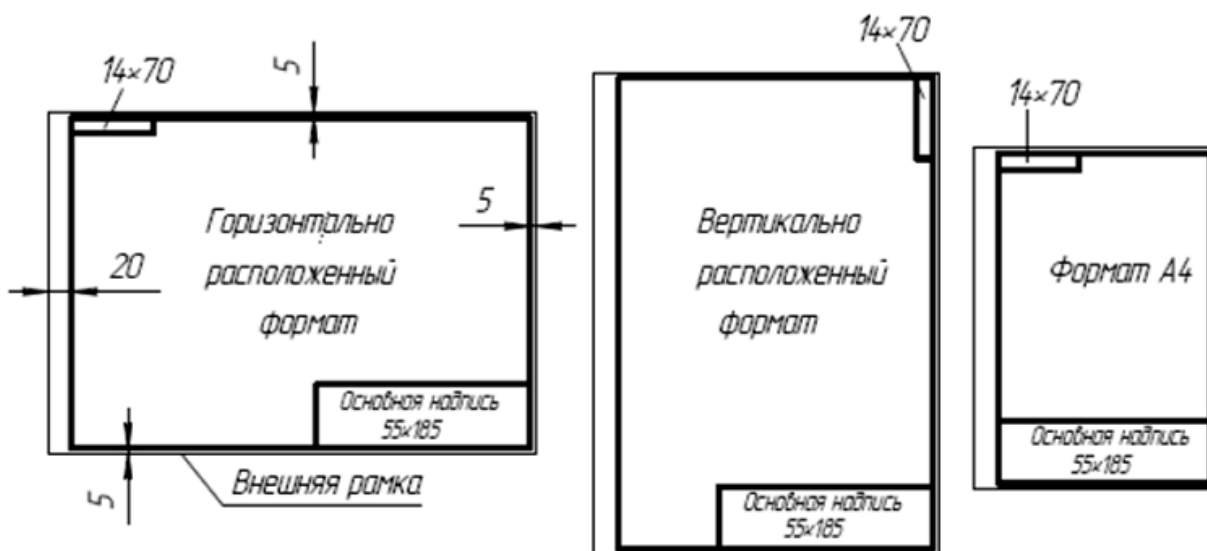


Рисунок 1 – Рамки чертежей

Основная надпись чертежа оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104-2006. На чертежах в правом нижнем углу помещается основная надпись чертежа (рисунок 2). Для чертежей и схем – рисунок 2а, для текстовых документов – рисунки 2б и 2в.

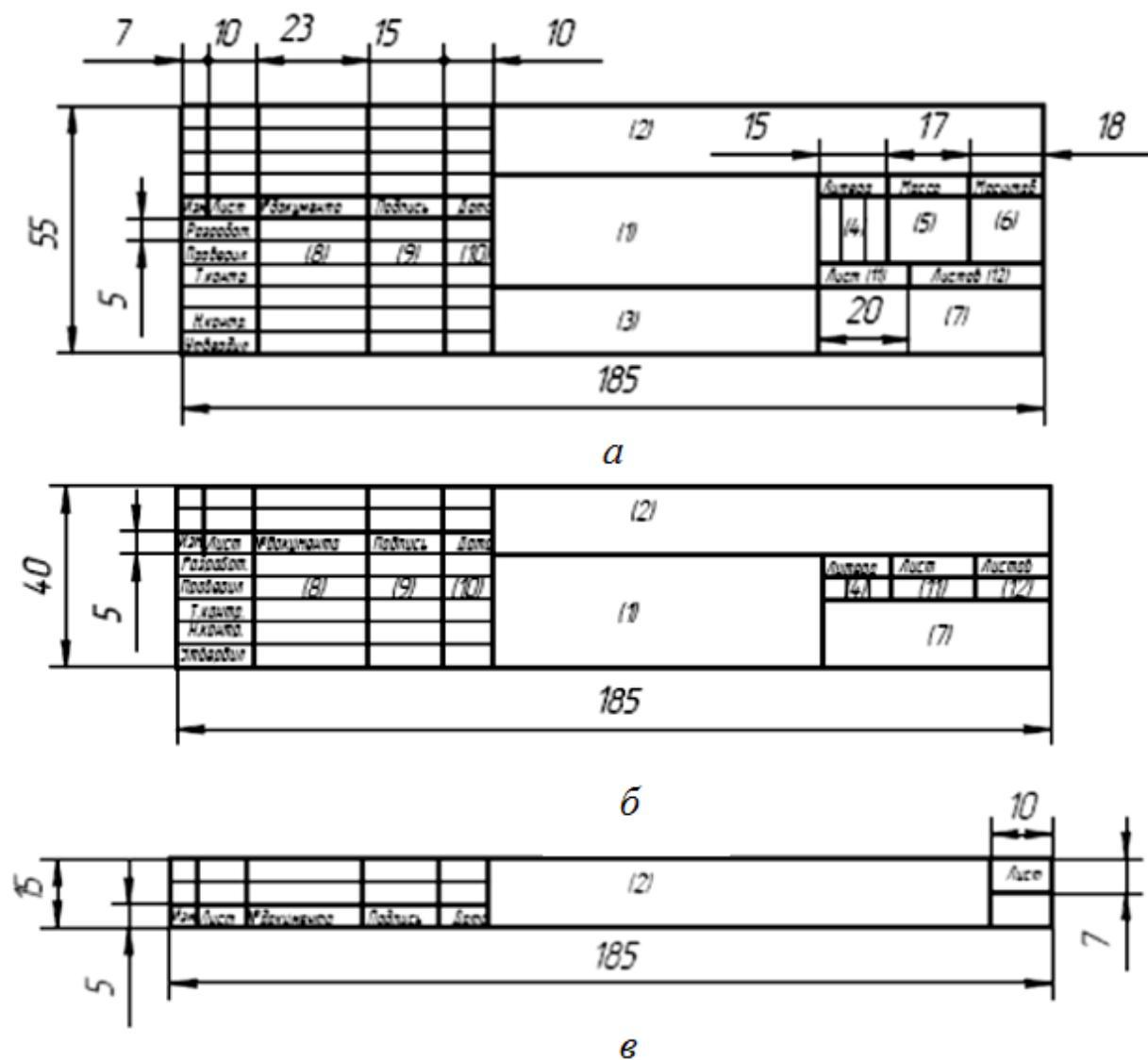


Рисунок 2 – Основная надпись: а – для чертежей и схем, б, в – для текстовых документов

В учебных заведениях заполняют следующие графы (графы обозначены числами в скобках):

графа 1 – наименование изделия, изображенного на чертеже. Вначале пишут имя существительное, затем определения;

графа 2 – обозначение (номер) чертежа по ГОСТ 2.201-80. Обозначение чертежа в курсовой работе приведено в приложении 20;

графа 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

графа 4 – литера, присвоенная документу (литера «У» для учебных чертежей;

графа 5 – масса изделия в килограммах;

графа 6 – масштаб изображения;

графа 7 – наименование учебного заведения и группы;
графа 8 – фамилии студента и преподавателя;
графа 9 – подписи студента и преподавателя;
графа 10 – дата подписания чертежа;
графа 11 – порядковый номер листа;
графа 12 – общее количество листов документа;

В графе с размерами 14×70 записывают то же обозначение чертежа, что и в графе 2, только повернутое на 180° для горизонтальных форматов и форматов А4, и на 90° для вертикальных форматов.

2 Методические указания к выполнению отдельных разделов работы

Курсовую работу следует начать с вычерчивания плана и, если требуется, разреза объекта в необходимом масштабе. Недостающие размеры помещений находят по масштабу исходного чертежа. При проектировании осветительной установки реального объекта размеры определяют непосредственными измерениями.

Затем выполняют отдельные разделы работы в последовательности, приведенной выше в материале о составе курсовой работы.

2.1 Технологическая часть

Обычно для составления разделов технологической части пользуются *типовыми проектами* зданий и сооружений. В каждом типовом проекте в первом альбоме имеется пояснительная записка, в которой содержится технологическая часть.

Ниже приводится пример составления технологической части курсовой работы для коровника на 200 голов привязного содержания с утилизацией тепла [1].

Коровник на 200 коров предназначен для строительства в составе фермы по производству молока на 400-800 коров. При максимальном заполнении здания коровника валовое производство молока составляет 800 ц в год, при удое на одну фуражную корову 4000 кг.

Содержание коров стойлово-пастбищное привязное в стойлах размером 1,2×1,9 м.

Стойла в коровнике расположены в четыре ряда, образуя два кормовых прохода шириной 2,25 м и три навозных прохода: два пристенных шириной 1,775 м и один в середине здания 2,55 м (между окончанием стойл) в продольном ряду размещается 50 коров.

Для привязи предусмотрено стойловое оборудование ОСХ-25А с групповым отвязыванием животных.

В зимнее время в течение дня при благоприятных погодных условиях коровам предусматривается прогулка продолжительностью не менее двух часов.

Глубокостельных коров переводят в родильное отделение за две недели до отела и содержат в течение двух недель после отела.

Кормление коров предусмотрено в здании их стационарных кормушек. В зимний период принято кормление кормосмесями, в состав которых входит сено, силос, сенаж, корнеплоды, травяная мука, концентраты и минеральная подкормка.

В летний период рацион коров состоит из зеленой массы и концентратов.

Подготовка грубых и сочных кормов к скармливанию предусматривается в кормоприготовительном цехе, входящем в состав фермы.

Раздача кормов (кормосмесей) осуществляется два раза в сутки мобильным кормораздатчиком КТУ 10 А, а концентрированные корма ручными тележками ТУ-300.

Годовая потребность коров в кормах рассчитана в соответствии с нормами ОНТП 1-77 и максимального заполнения здания коровами в течение года и приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Годовая потребность коров в кормах

Виды кормов	Питательность в корм.ед	На 1 гол. в год		На все поголовье в год	
		ц	кор. ед	ц	кор. ед
Сено	0,45	8,4	3,78	1680	756,0
Сенаж	0,35	8,4	7,94	1680	588,0
Солома	0,2	2,1	0,42	420	84,0
Силос	0,2	39,9	7,98	7980	1596,0
Корнеплоды	0,12	10,5	1,26	2100	252,0
Зеленые корма	0,2	71,3	14,26	14200	2852,0
Травяная резка	0,8	1,05	0,63	210	126
Концентраты	0,93	10,95	10,19	2192	2098,5

Примечание: продолжительность зимнего периода 210 дней, летнего 155 дней.

Хранение годового запаса грубых и сочных кормов предусматривается на кормовом дворе фермы. Текущий запас концентрированных кормов предусматривается в фуражной коровнике.

Поение скота водой предусмотрено из индивидуальных поилок ПА-1А установленных из расчета одна поилка на две головы.

Доение коров осуществляется два раза в сутки в стойлах в молокопровод при помощи установки АДМ-8.

Первичная обработка и кратковременное хранение молока предусмотрены в молочном блоке, примыкающем к коровнику.

Технология содержания животных предусматривает использование подстилки (торф, резаная солома) в течение года из расчета 1,5 кг в сутки на 1 голову.

Годовая потребность в подстилке 1095 ц.

Удаление навоза из помещения предусмотрено транспортером ТСН-160, который состоит из горизонтального и наклонного транспортеров.

Горизонтальный транспортер перемещает навозную массу по каналам к месту сброса его на наклонный транспортер, который грузит навоз в тракторный прицеп, далее навоз транспортируют к месту хранения.

Годовой выход навоза рассчитан с учетом 15% потерь на выгульных дворах в зимний период и 30% потерь в летний период на культурных пастбищах и приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Годовой выход навоза

Виды животных	Количество голов	Выход на 1 голову/сутки, кг		За зимний период от всего поголовья, т		За летний период от всего поголовья, т		Всего навоза за год, т
		кал	моча	кал	моча	кал	моча	
Коровы	200	35	20	1250	714	543	310	2817

Годовой выход навоза с учетом подстилки 2927 т.

Штат обслуживающего персонала коровника без учета общефермерских затрат труда на раздачу кормов и ремонта оборудования приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Штат обслуживающего персонала коровника

Штатные единицы	Количество человек
Операторы машинного доения	4
Операторы по уходу за животными	2
Подменные	3
Всего:	9

Режим работы односменный двухцикличный при пятидневной рабочей неделе.

Обязанности оператора по обслуживанию и доению коров:

- оператор машинного доения доит коров, следит за состоянием и частотой вымени, подкармливает коров концентратами, осуществляет запуск коров, поддерживает чистоту доильной аппаратуры;
- оператор по уходу за животными следит за кормлением и поением животных, выпускает коров на прогулку, выявляет коров пришедших в охоту и доставляет их на пункт искусственного осеменения;

Поддерживает чистоту в коровнике, участвует в проведении зооветмероприятий, строго соблюдает распорядок дня.

2.2 Светотехническая часть

Выбор источника света. Из всего многообразия выпускаемых промышленностью источников света для освещения помещений

наиболее приемлемы светодиодные (LED) и люминесцентные лампы (ЛЛ), а в исключительных случаях лампы накаливания (ЛН). Высокая световая отдача, значительный срок службы, более благоприятный спектральный состав излучения светодиодных и люминесцентных ламп позволяют проектировщикам уверенно отдавать им предпочтение.

В спектре люминесцентных ламп преобладают сине-фиолетовые и желтые излучения. Красные излучения очень искажают цветопередачу. С этим же связан еще один большой недостаток люминесцентных ламп (а также и ламп типа ДРЛ), заключающийся в существенном повышении нижней границы зоны зрительного комфорта (когда освещение воспринимается как вполне достаточное). Так, если для установки с лампами накаливания эта граница находится на уровне освещенности 30...50 лк, то для установки с люминесцентными лампами белого света 150...200 лк, а с лампами дневного света 300...500 лк. Это явление, получившее название «сумеречного эффекта», указывает на нецелесообразность применения люминесцентных ламп и ламп типа ДРЛ для создания низких уровней освещенности – менее 50 лк. При более высоких уровнях освещенности предпочтение отдают люминесцентным лампам.

Наружное освещение следует выполнять при помощи ламп ДНаТ или LED. В ряде случаев для освещения высоких помещений можно использовать светильники с металлогалогенными (МГЛ) или светодиодными лампами (LED).

Выбор вида и системы освещения. В электрических осветительных установках различают следующие *виды* освещения: рабочее, дежурное, аварийное, охранное, архитектурное, декоративное и т. д. В сельскохозяйственном производстве широко применяют в основном освещение первых четырех видов.

Рабочее освещение предназначено для создания во всех точках рабочих поверхностей нормальных условий видения при выполнении некоторых работ. При этом освещенность во всех точках должна быть не ниже нормированной, а пульсация светового потока не должна превышать ее допустимого значения.

Дежурное освещение служит для создания определенных условий видения при периодическом контроле состояния животных, птицы, работающего в автоматическом режиме оборудования, а также в проходах, коридорах, при входах в помещения и т. д. В соответствии с рекомендациями оно должно создавать 10...20 % нормированной

рабочей освещенности, но не менее 0,5 лк в главных проходах и 2 лк в тамбурах и на входных площадках. Его следует предусматривать во всех животноводческих помещениях. Для этого из числа светильников общего освещения в помещениях для содержания животных должно быть выделено 10 % и в родильных отделениях 15 %. Светильники дежурного освещения следует размещать равномерно над проходами животноводческого помещения.

Аварийное освещение применяют для обеспечения нормального ритма работы при внезапном отключении рабочего освещения. Аварийное освещение прокладывают в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения может привести к длительному нарушению технологического процесса, пожару, отравлению людей или их травматизму, перерывам в работе электростанций, связи, диспетчерских пунктов, пунктов управления водоснабжением, канализацией, теплофикацией, вентиляцией и кондиционированием воздуха.

В сельском хозяйстве аварийное освещение выполняют на электрических станциях и подстанциях, инкубаторных станциях, ветеринарных пунктах, зернотоках, различных сушильных установках. При этом наименьшая освещенность рабочих поверхностей должна быть не ниже 5 % нормированной освещенности, но не менее 2 лк внутри помещения и 1 лк на наружных площадках.

Эвакуационное аварийное освещение монтируют в производственных помещениях с числом одновременно работающих 50 и более человек, в общественных помещениях с числом одновременно находящихся свыше 100 человек, на лестничных клетках многоэтажных жилых домов. Эвакуационное освещение при этом должно создавать необходимые условия видения не только в самих помещениях, но и во всех опасных и основных проходах, на лестницах. Освещенность на полу (на земле) проходов и на ступенях лестниц должна быть не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытых территориях.

В соответствии с правилами устройства электроустановок аварийное освещение должно выполняться лампами накаливания. Допускается использование люминесцентных ламп в помещениях с температурой выше 5°C, если при этом напряжение в сети не менее 0,9 номинального.

Питание аварийного освещения осуществляется от автономного источника или от сети, которая не зависит от рабочего освещения. На светильниках должны быть специальные знаки или надписи.

В осветительных установках различают системы *общего* и *комбинированного* освещения. Система общего освещения может быть равномерной и локализованной. Использование в помещениях одной системы местного освещения не допускается.

Общее освещение применяют во всех сельскохозяйственных, общественных и культурно-бытовых помещениях, где нормированная освещенность не более 50 лк в установке с лампами накаливания и 150 лк с люминесцентными лампами. Если освещенность превышает указанные значения, то применяют систему комбинированного освещения. Эта система обеспечивает одновременное действие общего и местного освещения на рабочих поверхностях, а на остальных площадях помещения – только общего освещения. На рабочих поверхностях общее освещение должно создавать 10 % нормированной освещенности, но не менее 50 лк при лампах накаливания и не ниже 150 лк при люминесцентных. В помещениях без естественного освещения общее освещение в системе комбинированного должно создавать 20 % всей нормы освещенности.

Выбор нормированной освещенности. Нормированная освещенность – это наименьшая допустимая освещенность в «наихудших» точках рабочей поверхности перед очередной чисткой светильников. Значение этой освещенности устанавливают в зависимости от характера зрительной работы, размеров объекта различения, фона и контраста объекта с ним, вида и системы освещения, типа источника света. Все нормы освещенности приведены в отраслевых нормативах, справочной литературе [3, 4] и инструктивных материалах. Нормы освещенности сельскохозяйственных объектов также даны в специальной литературе [6]. При выборе нормированной освещенности необходимо иметь в виду, что при освещенности внутри помещений до 50 лк в качестве источников света следует использовать лампы накаливания, а свыше 50 лк – люминесцентные. При этом нормы освещенности для люминесцентного освещения в несколько раз превышают нормы для ламп накаливания (см. приложение 2). В данном учебном пособии не рассматриваются системы освещения на LED-технологиях ввиду отсутствия норм освещенности сельскохозяйственных помещений для светодиодных ламп.

Выбор коэффициента запаса и добавочной освещенности. Снижение светового потока осветительной установки из-за загрязнения светильников и источников света (даже при регулярной чистке) и их старения при расчетах учитывают коэффициентом запаса, представ-

ляющим собой отношение светового потока нового светильника с новой лампой к световому потоку того же светильника в конце срока службы лампы. Для компенсации спада освещенности в процессе эксплуатации ОУ следует при ее расчете вводить коэффициент запаса, значение которого принимают по отраслевым нормативам, а при их отсутствии – по указанным СНиП 23-05-95 в зависимости от условий среды в освещаемом помещении и типа используемого источника света.

Коэффициент запаса предусматривается только для общего освещения независимо от выбранной системы освещения. В приложении 3 приведены значения коэффициента запаса по освещенности для ОУ искусственного освещения.

При расчете освещенности в любой точке учитывают световые потоки только ближайших светильников. Для учета действия удаленных светильников и отраженных потоков в расчетной формуле используют коэффициент добавочной освещенности. Его значение зависит от коэффициентов отражения стен и потолка помещения и от светораспределения светильников. Значения коэффициента добавочной освещенности даны в справочной литературе ($\mu=1,1 \div 1,2$) [2].

Выбор типа светильников. От правильного подбора светильников зависят надежность работы осветительной установки, ее эффективность и экономичность. Поэтому необходимо учитывать условия окружающей среды; светораспределение светильников, необходимое для проектируемой осветительной установки; экономическую целесообразность применения; эстетические требования к конструктивному исполнению светильников (в общественных и культурно-бытовых помещениях). Для сухих отапливаемых помещений тип светильника выбирают по светотехническим характеристикам, а для помещений со сложными условиями работы еще и по исполнению. При этом следует иметь в виду, что нельзя применять лампы большей мощности, чем допустимо для данного светильника. В противном случае светильник перегреется, и изоляция вводных проводов выйдет из строя. Использование ламп меньшей мощности неэкономично. Тип светильников также можно выбирать по справочной литературе [2], по приложению 4 к настоящему учебному пособию.

Размещение светильников в помещении. Основная задача проектирования осветительной установки – это обеспечение заданного уровня освещенности и необходимого качества освещения при наименьшем суммарном световом потоке источников, т. е. при

наименьшей установленной мощности. Решение задачи зависит от светораспределения применяемых светильников и их размещения на плане помещения.

$$h_p = h - h_c - h_{p.п.}, \quad (1)$$

где h – высота помещения, м; h_c – расстояние от перекрытия до светильника («свес»), м; $h_{p.п.}$ – высота расчетной поверхности над полом, м; h_p – расчетная высота, м.

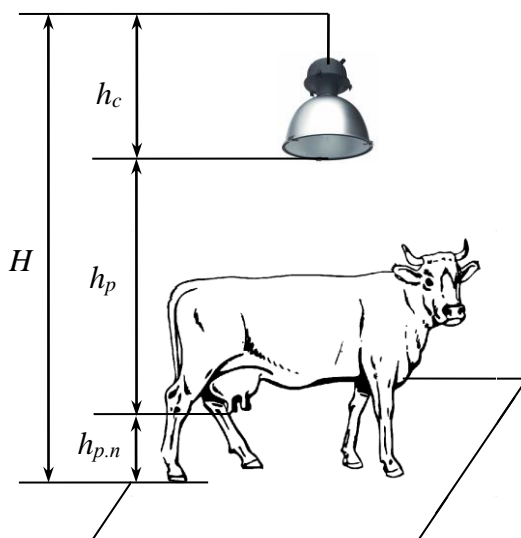


Рисунок 1 – К определению расчетной высоты h_p

Для подвесных светильников $h_c=0,3...0,5$ м, а для плафонов и встроенных светильников $h_c=0,2$ м. Высота свеса может быть и больше 0,5 м, но в этом случае светильники необходимо устанавливать на жестких подвесках, не допускающих их раскачивания.

Практика проектирования показывает, что при равномерном освещении светильники следует размещать по вершинам квадрата или ромба. Если их разместить по вершинам квадрата не удастся, то располагают по вершинам прямоугольника. При этом желательно, чтобы отношение большей стороны к меньшей не превышало 1,5.

Для каждого типа светильника определено оптимальное относительное расстояние между светильниками, равное отношению расстояния между ними к высоте подвеса над рабочей поверхностью:

$$\lambda = \frac{L}{h_p}, \quad (2)$$

где L – расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников.

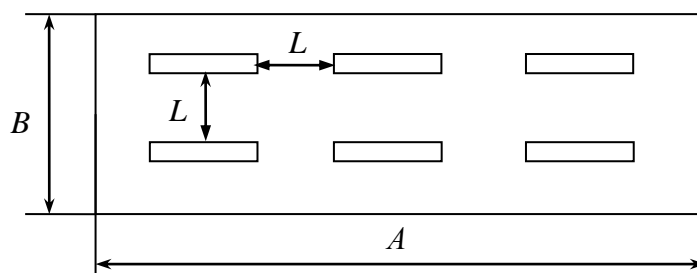


Рисунок 2 – К определению расстояний между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников

Эти расстояния приводятся в справочной литературе [2, 5, 7]. При проектировании выдержать точно такие расстояния не всегда удается, но необходимо стремиться к тому, чтобы они не выходили за рамки допустимых значений.

Рекомендуемые значения λ для светильников с типовыми кривыми силы света (КСС) приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Рекомендуемые значения λ для светильников с типовыми КСС

Типовая кривая	ЛЛ	ЛН, РЛВД
Концентрированная	0,6	0,6
Глубокая	0,9	1,0
Косинусная (Д)	1,4	1,6
Равномерная	2,0	2,6
Полуширокая	1,6	1,8

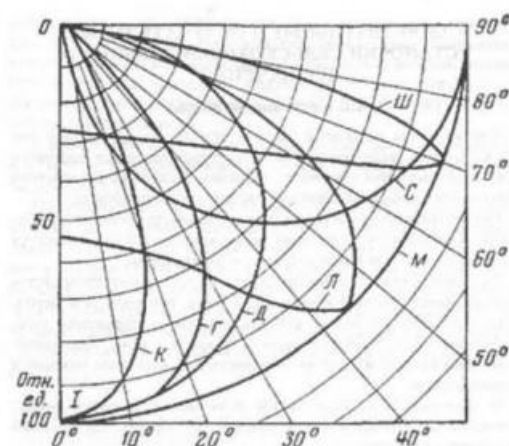


Рисунок 3 – Типовые КСС

Расстояние между стеной и крайними светильниками рекомендуют брать $0,5L$. Если по длине и ширине помещения расстояния между светильниками различны, то их обозначают L_A и L_B . Число

светильников в ряду N_A и число рядов светильников N_B определяют по формулам

$$N_A = \frac{A}{L}, \quad (3)$$

$$N_B = \frac{B}{L}, \quad (4)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м.

Дробные значения N_A и N_B округляют до целого большего числа. Если рабочие поверхности расположены у стен, то расстояние между стеной и крайним рядом светильников рекомендуют брать $0,3L$.

Размещение светильников определяют при любом методе расчета освещения.

Расчет и выбор мощности источников света. Задача светотехнического расчета – определить требуемую мощность источников света для обеспечения нормированной освещенности. В результате расчета находят световой поток источника света, устанавливаемого в светильнике. По этому потоку выбирают стандартную лампу. Отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного значения допускается в пределах $-10...+20\%$. Если расхождение больше, то необходимо изменить число светильников, их размещение, тип и выполнить перерасчет, чтобы это расхождение укладывалось в указанные допустимые пределы. Так проводят прямой расчет осветительной установки. При проектировании делают и проверочный расчет, цель которого – определить фактическую освещенность в расчетных точках рабочих поверхностей по светильникам известных типов и световым потокам установленных в них ламп. Расчеты обоих видов выполняют на основе одних и тех же методов.

В практике светотехнических расчетов наиболее широко применяют точечный метод и метод коэффициента использования светового потока.

Точечный метод. Используют для расчета неравномерного освещения: общего локализованного, местного, наклонных поверхностей, наружного. Необходимый световой поток осветительной установки определяют исходя из условия, что в любой точке освещаемой поверхности освещенность должна быть не меньше нормированной, даже в конце срока службы источника света.

Точечный метод базируется на основном законе светотехники, и в зависимости от светового прибора (точечный, линейный, прожектор) или характеристики объекта (закрытое помещение, улица, площадь) расчетные формулы различны.

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h_p^2}, \quad (5)$$

где I_{α} – сила света в направлении от источника к точке, кд; $\cos \alpha$ – косинус угла падения луча на плоскость; h_p – расстояние между источником и точкой, м.

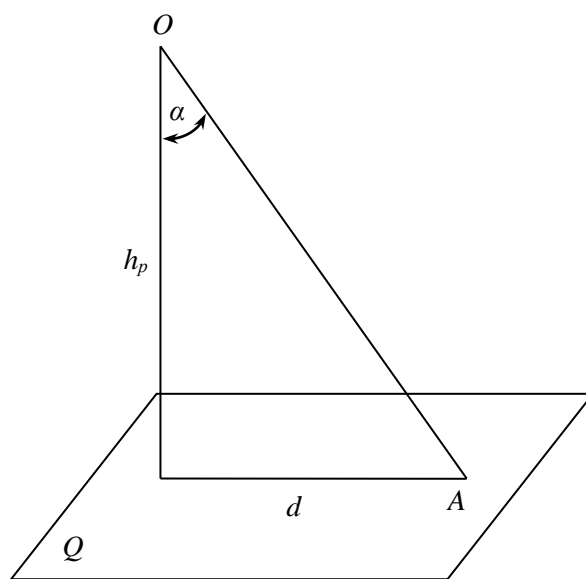


Рисунок 4 – Координаты, определяющие положение точечного светящего элемента относительно расчетной точки

Положение симметричного светильника относительно расчетной точки в общем случае определяется высотой расположения светильника относительно расчетной плоскости h_p и углом α , определяющим положение точечного излучателя O относительно расчетной точки A (рисунок 4). Один из наиболее простых и распространенных методов светотехнических расчетов основан на использовании *пространственных изолюкс горизонтальной освещенности*.

Расчету освещенности должен предшествовать выбор типа осветительных приборов, а также определение расположения и высоты подвеса их в помещении (h_p), определено нормируемое значение освещенности (E_H). Расчетная точка освещается практически всеми светильниками, находящимися в помещении, которые создают в рас-

четной точке относительную суммарную освещенность Σe , однако обычно учитывается действие ближайших светильников.

Трудно точно определить, какие светильники следует считать ближайшими и учитывать в Σe .

Во всех случаях при определении Σe не должны учитываться светильники, реально не создающие освещенности в контрольной точке из-за ее затенения оборудованием или самим рабочим при его нормальном фиксированном положении на рабочем месте.

В качестве контрольных выбираются те точки освещаемой поверхности, в которых Σe имеет наименьшее значение. Не следует выискивать самую малую освещенность (у стен или в углах): если в подобных точках есть рабочие места, задача обеспечения здесь нормируемых значений освещенности может быть решена увеличением мощности ближайших светильников или установкой дополнительных светильников.

Определение e для каждой контрольной точки производится с помощью пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности, на которых находится точка с заданным d и h_p (приложение б), (d , как правило, определяется обмером по плану помещения). Если расчетная точка не совпадает точно с изолюксами, то e определяется интерполированием между ближайшими изолюксами. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС различного типа приводятся в приложении 5.

Пусть суммарное действие светильников создает в контрольной точке условную освещенность Σe ; действие более далеких светильников и отраженная составляющая приближенно учитываются коэффициентом μ . Тогда для получения в этой точке освещенности E с коэффициентом запаса K_3 лампы в каждом светильнике должны иметь поток:

$$\Phi = \frac{1000 E_H K_3}{\mu \Sigma e}, \quad (6)$$

где 1000 лм – условный поток лампы; K_3 – коэффициент запаса; E_H – нормированная освещенность, лк; μ – коэффициент добавочной освещенности; Σe – сумма относительных условных освещенностей от ближайших светильников, лк.

$$K_3 = k_{3.n} \cdot k_{3.зан} \cdot k_{3.н} \cdot k_{3.ном}, \quad (7)$$

$k_{з.л}$ – старение ламп; $k_{з.зан}$ – спад светового потока облучательного прибора за счет их запыления; $k_{з.н}$ – невозстановление КПД светильников после их чистки; $k_{з.пом}$ – запыление и загрязнение стен и потолка помещений.

Последовательность расчета осветительной установки точечным методом:

1. Находят минимальную нормированную освещенность;
2. Выбирают типы источника света и светильника, рассчитывают размещение светильников по помещению;
3. На плане помещения с указанными светильниками намечают контрольные точки, в которых освещенность может оказаться наименьшей (минимум две точки: одна у стены, вторая равноудаленная между ближайшими светильниками);
4. Вычисляют условную освещенность в каждой контрольной точке и точку с наименьшей условной освещенностью принимают за расчетную;
5. По справочным таблицам устанавливают коэффициенты запаса и добавочной освещенности;
6. По формуле (6) находят световой поток лампы; по световому потоку из таблиц 6, 7, 8, 9 выбирают ближайшую стандартную лампу, световой поток которой отличается от расчетного не более чем на -10 или +20 %, и определяют ее мощность; подсчитывают электрическую мощность всей осветительной установки.

Очень важно при вычислении светового потока лампы правильно выбрать расчетную точку. В качестве ее на освещаемой поверхности, в пределах которой должна быть обеспечена нормированная освещенность, берут точку с минимальной освещенностью. Такую точку следует брать в центре поля или посередине одной стороны крайнего поля – пространства, ограниченного четырьмя ближайшими светильниками. Пример расчета точечным методом приводится в приложении 6.

Таблица 6 – Технические данные ламп накаливания общего назначения (ГОСТ 2239 – 79)

Тип лампы	Расчет-	Номинальные значения	Предельные значения	Тип цо-
-----------	---------	----------------------	---------------------	---------

	ное напря- жение, В	Мощ- ность, Вт	Све- товой поток, лм	Свето- вая от- дача, лм/Вт	Диа- метр, мм	Дли- на, мм	Масса, г	коля по ГОСТ 17100- 79
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В125-135-15	130	15	135	9,0	61	105	50	Е27/27
В215-225-15	220		120	8,0				
В220-230-15	225							
В230-240-15	235							
В235-245-15	240							
В125-135-25	130	25				260		
В215-225-25	220		220	8,8				
В220-230-25	225		230	9,2				
В220-230-25	225							
В230-240-25	235							
В235-245-25	240	225	9,0					
В235-245-25	240							
Б125-135-40	130	40	490	12,2				
БК125-135-40	130		520	13,0				
Б215-225-40	220		430	10,8				
БК215-225-40	220		475	11,9				
Б220-230-40	225		430	10,8				
БК220-230-40	225		475	11,9				
Б230-240-40	235		420	10,5				
БК230-240-40	235		470	11,8				
Б235-245-40	240		420	10,5				
Б125-135-60	130		60	810	13,5			
БК125-135-60	130	890		14,8				
Б215-225-60	220	730		12,2				
БК215-225-60	220	800		13,3				
Б220-230-60	225	730		12,2				
БК220-230-60	225	800		13,3				
Б230-240-60	235	710		710	11,8			
БК230-240-60	235			790	13,1			
Б235-245-60	240			710	11,8			
Б215-225-75	220	75		960	12,8			
БК215-225-75	220		1030	13,7				
Б220-230-75	225		960	12,8				
Б230-240-75	235		940	12,5				
Б125-135-100	130		100	1540	15,4			
БК125-135-100	130	1675		16,8				
Окончание табл. 6								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б215-225-100	220	100	1380	13,8	61	105	50	Е27/27
БК215-225-100	220		1500	15,0				

Б220-230-100	225		1380	18,8				
БК220-230-100	225		1500	15,0				
Б230-240-100	235		1360	13,6				
БК230-240-100	235		1485	14,9				
Б235-245-100	240		1360	13,6				
Г125-135-150	130	150	2420	16,1	81	167	70	
Б215-225-150	220		2220	14,8				
Г215-225-150	220		2090	13,9				
Г220-230-150	225		2065	13,8				
Г230-240-150	235		2060	13,7				
Г235-245-150	230		2180	14,5				
Б235-245-150	230							
Г125-135-200	130	200	3350	16,7	111	240	150	E40/45
Б215-225-200	220		3150	15,7				
Г215-225-200	220		2950	14,7				
Г220-230-200	225		2950	14,7				
Г230-240-200	235		2910	14,5				
Г230-240-200	235		3150	15,7				
Г125-135-300	130	300	5050	16,8	151	309	300	
Г215-225-300	220		4850	16,1				
Г220-230-300	225		4800	16,0				
Г230-240-300	235							
Г125-135-500	130	500	9200	18,4	51	98	50	E27/27
Г215-225-500	220		8400	16,8				
Г220-230-500	225		8300	16,6				
Г230-240-500	235							
Г215-225-750	220	750	13100	17,5	56	105	50	
Г220-230-750	225							
Г125-135-1000	130	1000	20000	20,0	71	130	55	
Г215-225-1000	220		18800	18,8				
Г220-230-1000	225		18610	18,6				
Г230-240-1000	235							
БК220-230-36	225	36	415	11,5	51	98	50	E27/27
БК235-245-36	240		410	11,4				
БК220-230-54	225	54	715	13,2	56	105	50	
БК235-245-54	240		710	13,1				
БК220-230-93	225	93	1350	14,5	71	130	55	
БК235-245-93	240			14,5				
БК220-230-150	225	150	2380	15,9				

Таблица 7 – Технические данные люминесцентных ламп низкого давления

Тип лампы	Номинальные значения				Продолжительность горения, ч		Предельные значения				Тип цоколя по ГОСТ 17100-79		
	Напряжение на лампе, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	средняя	минимальная	Диаметр, мм	Длина лампы, мм		Масса, г			
								без штырьков	со штырьками				
ЛБ4	29	4	140	35,00	6000	3000	16	135,9	150,1	25	G5d/1 5		
ЛБ6	42	6	270	45,00	7500			212,1	226,3	32			
ЛБ8	56	8	380	47,50	7500			288,3	302,4	40			
ЛБ13	95	13	830	63,85	7500			516,9	531,1	75			
ЛД15	54	15	700	46,66	15000	6000	27	437,4	451,6	118	G13d/ 24		
ЛДД15-1			640	42,66									
ЛХБ15			800	53,33									
ЛБ15-1			835	55,70									
ЛТБ15			820	54,66									
ЛД20	57	20	1000	50,00	13000	5200	40	589,8	604,0	170	G13d/ 35		
ЛДЦ20			850	42,50									
ЛХБ20			1020	51,00									
ЛБ20-1	60	20	1200	60,00	15000	6000	40	589,8	604,0	170	G13d/ 35		
ЛТБ20	57		1100	55,00								13000	
ЛД30	104	30	1800	60,00	15000	6000	27	894,6	908,8	190	G13d/ 24		
ЛДЦ30-1			1500	50,00									
ЛБ30-1			2180	72,70									
ЛХБ30			1940	64,67									
ЛТБ30			2020	67,33									
ЛД40-1	109	40	2600	65,00	15000	5200	40	1199,4	1213,6	320	G13d/ 35		
ЛДЦ40-1			2200	55,00									
ЛХБ40-1			3100	77,50									
ЛБ40-1			3200	80,00									
ЛТБ40-1			3150	78,75									
ЛД65	110	65	4000	61,54	13000	5200	40	1500,0	1514,2	450	G13d/ 35		
ЛДЦ65			3160	48,64								13000	5200
ЛХБ65			4400	67,69								13000	5200
ЛБ65-1			4800	73,85								15000	6000
ЛТБ65			4650	71,54								13000	5200
ЛД80	102	80	4300	53,75	12000	4800	40	1500,0	1514,2	450	G13d/ 35		
ЛДЦ80			3800	47,50								12000	4800
ЛХБ80-1			5200	65,00								13000	5200
ЛБ80-1			5400	67,50								12000	4800
ЛТБ80			5200	65,00								12000	4800

Таблица 8 – Технические данные ртутных ламп высокого давления общего назначения

Тип лампы	Номинальные значения				Красное отношение, %	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Габаритные размеры, мм		Масса, г	Тип цоколя по ГОСТ 17100-79
	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Рабочий ток, А	Световой поток, клм			Диаметр	Длина		
ДРЛ250(6)-4 ДРЛ250(10)-4 ДРЛ250(14)-4	250	130	2,15	13,0 13,5 13,5	6 10 14	12	91	227	235	E40/4 5
ДРЛ400(6)-4 ДРЛ400(10)-4 ДРЛ400(12)-4	400	135	3,25	23,5 24,0 24,0	6 10 12	15	122	292	360	
ДРЛ700(6)-3 ДРЛ700(10)-3 ДРЛ700(12)-3	700	140	5,40	40,6 41,0 41,0	6 10 12	20	152	368	595	
ДРЛ1000(6)-3 ДРЛ1000(10)-3 ДРЛ1000(12)-3	1000	145	7,50	58,0 59,0 59,0	6 10 12	18	181	410	650	

Таблица 9 – Технические данные натриевых ламп высокого давления

Тип лампы	Номинальные значения					Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Габаритные размеры, мм		Тип цоколя по ГОСТ 17100-79		
	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Рабочий ток, А	Световой поток, лм			Световая отдача, лм/Вт	Уровень А		Уровень Б	
				Уровень А	Уровень Б						
ДНаТ70	70	90	1,0	50000	5800	80	20	6	45	165	E 27/27
ДНаТ100	100	100	1,2		9500	95		6	45	165	E 27/27
ДНаТ150	150	100	1,8		14500	100		6	48	220	E 40/45
ДНаТ250	250	100	3,0		25000	125		10	58	240	E 40/45
ДНаТ400-1	400	100	4,6		47000	125		15	58	240	E 40/45
ДНаТ210	210	125	2,1		18000	86		10	91	227	E 40/45
ДНаТ360	360	130	3,3		35000	97		15	122	292	E 40/45

Метод коэффициента использования светового потока. Метод применяют для нахождения равномерного освещения. Для расчета локализованного освещения, освещения наклонных и вертикальных поверхностей использовать его нельзя из-за большой погрешности получаемых результатов.

Потребный поток ламп в каждом светильнике находится по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} K_3 S z}{N \eta_{\text{оу}} \eta_{\text{св}}}, \quad (8)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемое значение освещенности, лк; K_3 – коэффициент запаса; S – освещаемая площадь, м²; z – коэффициент неравномерности освещения; N – число светильников над освещаемой поверхностью; $\eta_{\text{оу}}$ – коэффициент использования светового потока; $\eta_{\text{св}}$ – коэффициент полезного действия светильника.

Коэффициент z , входящий в формулу (8), характеризует неравномерность освещения. В наибольшей степени z зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте (L/h_p). При L/h_p , не превышающем рекомендуемых значений ($L \leq 0,5 h_p$), принимается $z=1,15$ для ЛН и ДРЛ, и $z=1,10$ для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий. Для отраженного освещения полагается $z=1,0$.

Под коэффициентом использования $\eta_{\text{оу}}$ понимают отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света. Коэффициент $\eta_{\text{оу}}$ зависит от светораспределения светильников и их размещения в помещениях; от размеров освещаемого помещения и отражающих свойств его поверхностей; от отражающих свойств рабочей поверхности.

Соотношение размеров освещаемого помещения и высота подвеса светильников в нем характеризуются индексом помещения:

$$i_{\text{п}} = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)}, \quad (9)$$

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

Упрощенно индекс помещений может быть определен с помощью таблиц приложения 7 и 8.

Индекс помещения $i_{\text{п}}$ находится по известной площади помещения S и высоте подвеса светильников h_p по приложению 7 при $A/B \leq 3$. Для удлиненных помещений, когда $A/B > 3$, $i_{\text{п}}$ находится по приложению 8 по известным A/B и h_p .

Для помещений практически неограниченной длины можно считать:

$$i_{\Pi} = \frac{B}{h_p} \quad (10)$$

Во всех случаях i_{Π} округляется до ближайшего табличного значения: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 3,0 и т.д.

Коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка ρ_n и стен ρ_c – оценивают с помощью таблицы 10. Коэффициент отражения расчетной поверхности или пола в большинстве случаев принимается $\rho_{p,n}=0,1$.

Таблица 10 – Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

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 бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

По найденным значениям индекса помещения i_{Π} и коэффициентов отражения ρ_n , ρ_c и ρ_{pn} для выбранного типа светильников определяется коэффициент использования η_{OU} . Значения коэффициентов использования для светильников с типовыми КСС приведены в приложении 9.

В тех случаях, когда в таблицах отсутствуют данные о коэффициентах использования светильников, например, новых модификаций, эти коэффициенты приближенно могут быть определены следующим путем: по форме кривой силы света в нижней полусфере определяется ее тип; по каталожным данным светильника определяются (в процентах потока лампы) потоки нижней Φ_{\wedge} и верхней Φ_{\vee} полу-

сфер; первый умножается на коэффициент использования по приложению 10, второй – по приложению 11. Сумма произведений дает общий полезный поток, делением которого на поток лампы (обычно 1000 лм) находится коэффициент использования.

Порядок расчета методом коэффициента использования следующий:

1. Определяются h_p , тип и число светильников N в помещении, как указывалось выше;

2. По таблицам находят коэффициент запаса K_3 , поправочный коэффициент z , нормированную освещенность E_H ;

3. Вычисляется индекс помещения I_{II} ;

4. Определяется коэффициент использования светового потока ламп η_{ou} ;

5. По формуле 8 находится необходимый поток ламп в одном светильнике; выбирается лампа с близким по величине световым потоком.

Световой поток светильника при выбранных лампах не должен отличаться от Φ_L больше чем на величину (-10...+20 %). При невозможности выбора ламп с таким приближением корректируется число светильников N либо высота подвеса светильников h_p .

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.табл} - \Phi_L}{\Phi_L} \cdot 100 \leq +20\% , \quad (11)$$

где $\Phi_{л.табл}$ – табличное значение потока лампы, лм.

Пример расчета помещения методом коэффициента использования приводится в приложении 12.

По результатам расчетов составляют светотехническую ведомость, пример которой приводится в таблице 11.

Таблица 11 – Светотехническая ведомость

Характеристика помещения							Вид освещения	Система освещения	Класс и подкласс, разряд и подразряд работ	Норма освещенности, лк	Коэффициент запаса	Светильник		Лампа		Штепсельные розетки или понижающие трансформаторы		Установленная мощность приборов, Вт	Удельная мощность осветительной нагрузки, Вт/м ²
Номер по плану	Наименование	Площадь, м ²	Высота, м	Класс по среде	Коэффициенты отражения							тип	число	тип	мощность, Вт	число	мощность, Вт, и тип		

2.3 Электротехническая часть

Выбор напряжения и источников питания. Источниками питания осветительных установок сельскохозяйственных объектов чаще всего служат трансформаторные подстанции, питающиеся от энергосистем, а в отдельных случаях местные электрические станции. Причем они общие для осветительных и силовых нагрузок.

Напряжения, применяемые в сельскохозяйственных установках, как правило, 380/220 В при заземленных нейтралях сетей. Такие напряжения возможны в любых помещениях для установок общего освещения при высоте подвеса светильников более 2,5 м, при меньшей высоте – только в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещениях же с повышенной опасностью осветительную сеть прокладывают в металлических трубах, а светильники снабжают защитными сетками. Для питания установок местного освещения в помещениях без повышенной опасности применяют напряжение до 220 В, с повышенной опасностью и особо опасных – не выше 50 В от специальных понижающих трансформаторов.

Выбор мест ввода и установки щитков. Осветительные щитки 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 учетом подхода воздушных 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 отклонения напряжения от номинального, не выходящие за допустимые пределы +5 % до – 2,5 %.

Компоновка осветительной сети. Сети освещения разделяются на питающие и групповые. К питающей сети относятся линии от трансформаторных подстанций или других точек питания до групповых щитков, а к групповой сети – линии от групповых щитков до осветительных приборов ОП.

В начале в каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения; в начале групповой линии обязателен аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии или когда управление

освещением осуществляется аппаратами, установленными в линиях питающей сети.

Выбор схемы питания производится с учетом всех условий электроснабжения объекта, для которого проектируется осветительная установка. 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 учетом рекомендаций [10]:

- каждая групповая линия, как правило, должна содержать на фазу не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ, в это число включаются также штепсельные розетки;
- в производственных, общественных и жилых зданиях на однофазные группы освещения лестниц этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков допускается присоединять до 60 ламп накаливания каждая мощностью до 60 Вт;
- для групповых линий, питающих световые карнизы, световые потолки и т.п. с лампами накаливания, а также светильники с люминесцентными лампами мощностью до 80 Вт, рекомендуется присоединять до 60 ламп на фазу; для линий, питающих светильники с люминесцентными лампами мощностью до 40 Вт включительно, может присоединяться до 75 ламп на фазу и мощностью до 20 Вт включительно – до 100 ламп на фазу;
- светильники дежурного и аварийного освещения объединяют в отдельные самостоятельные группы: аварийная группа либо от отдельного источника питания, либо непосредственно от ввода в здание; дежурная группа от системы общего освещения;
- штепсельные розетки в жилых помещениях устанавливают по одной на каждые 6 м² жилой площади и на 10 м² площади коридоров, а также до трех розеток на кухню. Мощность розетки принимают равной или мощности подключаемого токоприемника, или 500 Вт.

На плане объекта наряду со светильниками наносят групповые и питающие щитки, выключатели, штепсельные розетки. После этого токоприемники, выделенные в группы, соединяют групповыми линиями и для каждой группы составляют расчетную схему. В схеме указывают длины участков от щитка до разветвлений и между токоприемниками, а также мощности токоприемников. Все схемы должны быть приведены в расчетно-пояснительной записке.

Выбор марки кабеля и способа прокладки осветительной сети. Марку кабелей осветительной сети и способ их прокладки определяют в соответствии с условиями окружающей среды [10].

Расчет и выбор сечения кабелей осветительной сети обеспечивает: отклонение напряжения у источников света в допустимых пределах; нагрев кабелей не выше допустимой температуры.

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

Площадь сечения кабеля, мм²

$$S = \frac{\sum M}{C \Delta U \%}, \quad (12)$$

где M – сумма электрических моментов нагрузки, кВт·м; C – коэффициент сети, зависящий от ее напряжения, материала кабеля и единиц измерения величин (определяют по приложению 13); ΔU – расчетная допустимая потеря напряжения, % (берется из задания на курсовую работу).

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 приведенных значений допустимой потери напряжения оставлять 0,2...0,3 % на потери ввода в помещение.

В сетях напряжением до 50 В потеря напряжения допускается 10 %, считая от вторичных выводов понижающих трансформаторов.

В общем случае допустимую потерю напряжения в осветительных сетях рассчитывают в зависимости от уровней напряжения на шинах источника питания и у наиболее удаленных ламп, мощности трансформатора, степени его загрузки и коэффициента мощности электроприемников или определяют по справочным таблицам. Допустимые потери напряжения указываются в задании на проектирование.

Моменты нагрузок определяют от самой удаленной от осветительного щита точки с наибольшей мощностью. Нагрузки потребителей ответвлений прикладывают к точке ответвлений. Любую равно-

мерно распределенную нагрузку можно заменять равнодействующей, приложенной в центре нагрузки.

Суммарный момент ΣM , кВт·м, вычисляется по упрощенной формуле:

$$\Sigma M = PL_1 + \frac{nPL_2}{2}, \quad (13)$$

где P – мощность одной лампы, кВт; n – число ламп; L_1 – расстояние от щитка освещения до первой лампы, м; L_2 – расстояние между лампами, м.

Далее проводят выбор силового кабеля. По приложению 14 выбирают кабель соответствующего сечения и смотрят допустимое значение тока.

Выбор сечения тесно связан с выбором защитной аппаратуры, т.к. кабель должен длительно выдерживать рабочие токи не перегреваясь и должен быть отключен защитным аппаратом при токах, превышающих допустимое значение.

Поэтому сечение кабеля проверяют по следующему условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток проводника, А; $I_{\text{расч}}$ – значение тока, определяемое по формулам 15, 16, А.

Значение длительно допустимого тока определяется по таблицам из приложения 14 в зависимости от площади сечения проводника и температуры окружающей среды.

Выбирают ближайшее меньшее сечение проводника так, чтобы табличное значение $I_{\text{доп}}$ не было меньше рабочего расчетного тока.

Определяют марку кабеля или провода и способы их прокладки.

Нагрев кабеля вызывается током в нем, определяемым формулами:

в трехфазной сети с нулевым проводом или без него, при равномерной нагрузке фаз

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_3}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos \varphi}, \quad (15)$$

в двухпроводной сети

$$I_{PACЧ} = \frac{P_1}{U_H \cos \varphi}, \quad (16)$$

где P – активная мощность нагрузки (включая потери в ПРА) одной или трех фаз, Вт; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки; U_L , U_H – линейное и номинальное напряжение сети, В.

По [10] длительно допустимые токи для проводов и кабелей в зависимости от условий прокладки даны в приложении 14.

Окончательно выбранная площадь сечения должна быть не меньше расчетного значения и удовлетворять соотношениям (12) и (14).

После выбора площади сечения кабелей определяют полные потери напряжения в каждой группе от ввода до наиболее удаленного источника света. Пример расчета потерь напряжения приводится в приложении 15.

Выбор щитков, коммутационной и защитной аппаратуры. Осветительные щитки выбирают из справочных таблиц [2] по условиям окружающей среды, в которых им предстоит работать; конструктивному исполнению в зависимости от схемы сети и числа отходящих групп; аппаратуре управления и защиты, установленной в щитке. Для сельскохозяйственных объектов наиболее широко применяют щитки типов ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ОП, ЯОУ и др.

Таблица 12 – Технические данные осветительных щитков серии ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ

Тип щитка	Число однофазных групп	Устройство или аппарат на вводе	Аппараты на отходящих линиях	Габаритные размеры, мм			Установочные размеры	Масса, кг
				Длина	Ширина	Высота		
ОП-3УХЛ4	3	Зажимы	АЕ1000	374	140	252	254×190	6
ОП-6УХЛ4	6		АЕ1000	374	140	252	254×190	6
ОП-9УХЛ4	9		АЕ1000	500	140	252	380×190	9
ОП-12УХЛ4	12		АЕ1000	500	140	252	380×190	9
ОЩ-6УХЛ4	6		А63	400	154	416	300×300	13
ОЩ-12УХЛ4	12		А63	400	154	616	300×500	19,5
ОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ2046-10	А3161	400	154	516	300×400	16,5
ОЩВ-12АУХЛ4	12	АЕ2056-10	А3161	400	154	716	300×600	23,0
УОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ2046-10	А3161	500	154	600	300×400	17,5
УОЩВ-12АУХЛ4	12	АЕ2056-10	А3161	500	154	800	300×600	24,5

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, на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях.

Выбор автоматических выключателей. Автоматические выключатели различают:

- по типу (ВА14, АЕ-2000);
- по роду тока (переменного и постоянного) и его номинальной величине;
- по числу полюсов;
- по виду расцепителя (электромагнитный, тепловой, комбинированный);
- по номинальному току расцепителя.

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям:

$$U_{HA} \geq U_{HV}, \quad (17)$$

где U_{HA} , U_{HV} – номинальные напряжения автомата и электроустановки, В;

$$I_A \geq I_{HV}, \quad (18)$$

где I_A , I_{HV} – номинальные токи автомата и электроустановки, А.

При защите нескольких электроприемников расчетный ток I_{HV} , равен сумме токов одновременно включенных электроприемников.

$$I_{TP} \geq K_{HT} \cdot I_{P.max}, \quad (19)$$

где I_{TP} – номинальный ток теплового расцепителя автомата, А; K_{HT} – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимается в пределах 1,1...1,3; $I_{P.max}$ – максимальный рабочий ток, А.

$$I_{ЭМР} \geq K_{HЭ} \cdot I_{K.max}, \quad (20)$$

где $I_{ЭМР}$ – ток отсечки электромагнитного расцепителя, А; $K_{HЭ}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя (для автоматов АЕ-2000, А-3700, АП-50 $K_{HЭ}=1,2$, для А-3100 $K_{HЭ}=1,5$); $I_{K.max}$ – кратковременный максимальный ток, А.

$$I_{пред.откл} > I_{K.max}, \quad (21)$$

где $I_{пред.откл}$ – предельный отключаемый автоматом ток, А.

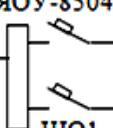
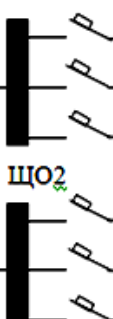
По расчетным данным выбирается по справочной литературе марка автоматического выключателя. Технические данные некоторых типов автоматических выключателей приводятся в приложении 16.

Защитные аппараты и коммутационная аппаратура входят в комплект щитков. Если же они некомплектные, то аппаратуру защиты выбирают по справочным таблицам [2, 8, 10].

Рекомендации по монтажу и мероприятия по технике безопасности. Для проектируемой осветительной установки необходимо конкретно изложить особенности монтажа отдельных ее элементов и узлов и указать организационные и технические рекомендации по безопасному осуществлению этих работ. Кроме того, в пояснительной записке должны быть приведены рекомендации по защите эксплуатирующего и обслуживающего данную установку персонала от поражения электрическим током при замене ламп и очистке арматуры, периодических осмотрах, контрольных измерениях освещенности, измерениях изоляции, текущих ремонтах и ревизиях.

Расчетная схема сети. Все результаты по электротехнической части должны быть сведены в расчетную схему-таблицу электрической сети, которую размещают на чертеже. Форма расчетной схемы с таблицей надписей приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Расчетная схема сети

Подвод к ЩО			Щиток освещения					Осветительная сеть											
Марка и площадь сечения провода, мм ²	Расчетный ток, А	Способ прокладки	Отключение аппарата на вводе	Ток шпаквой вставки или расцепителя, А	Тип, схема ЩО и номер группы	Тип автоматического выключателя или предохранителя	Ток расцепителя или шпаквой вставки, А	Установленная мощность группы, Вт	Расчетный ток группы, А	Марка и площадь сечения провода, мм ²	Потеря напряжения, %	Способ прокладки	К какой фазе подключается	Вид освещения					
АВВГ	17,1	На по- лосах	ПВЗ-100	-	 ЩО1 1,2 ЩКИ8501	1	АЕ 2046	20	5700	8,63	АВВГ4×4	0,15	На профиле						
						2	АЕ 2046	20	5555	8,45	АВВВ4×4	0,10	То же						
									 ЩО2	1	ВА16-26-14	15	1900	8,60	АППВ2×2,5	0,55	Под штукатуркой	А	Рабочее
					2	ВА16-26-14	15	1800		8,20	АППВ2×2,5	0,38	То же	В	Рабочее				
					3	ВА16-26-14	15	2000		9,10	АППВ2×2,5	0,60	То же	С	Рабочее				
					4	ВА16-26-14	15	1875		8,50	АППВ2×2,5	0,58	То же	А	Рабочее				
					5	ВА16-26-14	15	1880		8,55	АППВ2×2,5	0,64	То же	В	Дежурное				
					6	ВА16-26-14	15	1800		8,20	АППВ2×2,5	0,52	То же	С	Резерв				

ют в соответствии с ГОСТ 2.105-95, а каждую страницу – на основании требований ЕСКД (ГОСТ 2.104-2006). На странице наносят рамку, отстоящую от края листа на 20 мм слева и на 5 мм справа, снизу и сверху. Текст от рамки должен отстоять на 5 мм слева, на 3...5 мм справа и на 10 мм сверху и снизу.

Все справочные и нормативные материалы должны иметь ссылку на использованные источники. Для этого в тексте в квадратных скобках указывают порядковый номер источника по списку литературы, *например*: [1].

Все расчеты в пояснительной записке приводят так: дают расчетную формулу с пояснениями входящих в нее величин, затем подставляют их численные значения и получают результат.

Графическую часть выполняют с применением КОМПАС 3D, AUTOCAD или Microsoft Visio, используя условные обозначения ГОСТ 21.210-2014 и ГОСТ 21.608-84 (приложение 17).

При этом строительную часть плана и разреза помещений вычерчивают линиями меньшей толщины, чем электрические и светотехнические элементы. Пример выполнения элементов графической части приведен в приложении 18.

Задание
на курсовую работу по дисциплине «Светотехника»

Студенту _____ Шифр _____

наименование объекта

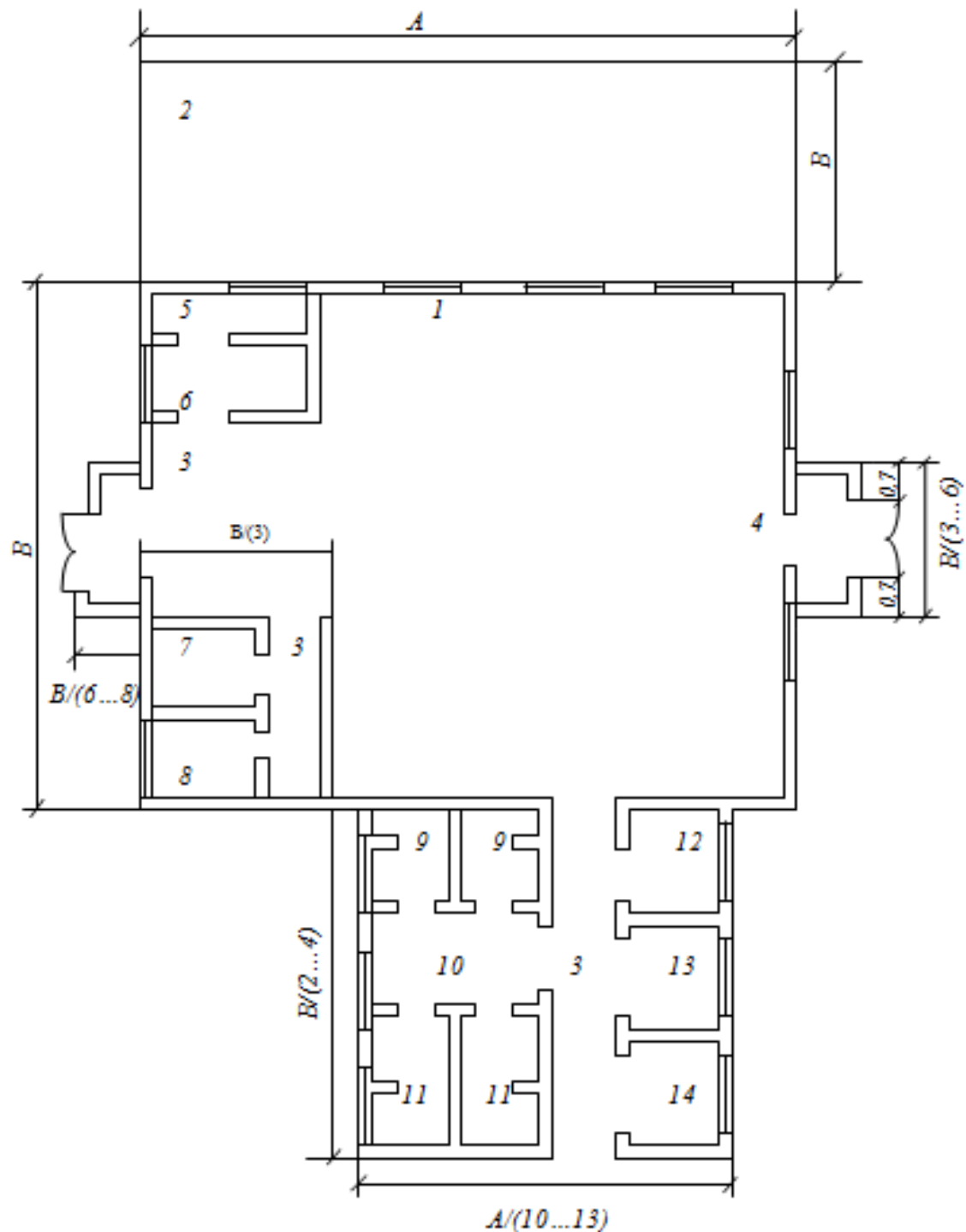
Размеры объекта в плане _____ высота помещения _____
в том числе:

№ помещения по плану	Наименование помещений	Количество	Размеры в плане	Характеристика поверхностей
1. (Основное)				
2. (Дополнительное)				
3. (Дополнительное)				

Дополнительное задание по электротехнической части
Уровень напряжения на трансформаторе и потеря напряжения в наружных сетях

Последняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U _{тр} , В	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\sum \Delta U\%_{\text{НАР}}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

План здания для расчета освещения



1. Основное помещение: стойло, цех, хранилище; 2. Выгульный двор, стоянка, открытый склад; 3. Проходы, коридоры; 4. Вентиляционная; 5, 6. Весовая, помещения вето-работки, вакуумнасосная; 7. Щитовая; 8. Инвентарная; 9. Душевые; 10. Комната отдыха, раздевалка; 11. Туалеты, умывальники; 12. Комнаты бригадира, начальника цеха, мастера; 13. Склад, инструментальная; 14. Лаборатория

Форма задания студентом заполняется самостоятельно в соответствии с его шифром (номером зачетной книжки). В учет принимаются только **три** последние цифры шифра.

Рядом с закрытым помещением необходимо предусмотреть открытую площадку тех же размеров: выгульный двор, открытый склад, охранную зону, открытую стоянку и т.д.

Строительная часть вычерчивается в полном соответствии с правилами выполнения строительных чертежей с указанием толщины стен, дверных и оконных проемов.

Таблица – Объекты проектирования

Последняя цифра задания (шифра)	Наименование
0	Склад переработки семенного материала
1	Коровник боксовый без дойки в стойлах
2	Коровник с дойкой в стойлах
3	Свинарник разовых свиноматок
4	Мастерская по ремонту электрооборудования, тракторов, автомашин
5	Телятник с родильным залом
6	Свинарник-маточник (с подсосными поросятами)
7	Телятник-профилакторий
8	Инкубаторная станция
9	Овощехранилище (фруктохранилище)

Размеры помещения

Средняя цифра задания	Размер А, м	Первая цифра задания	Размер В, м	Последняя цифра задания	Размер Н, м
.0.	120	0..	22	..0	4,5
.1.	115	1..	21	..1	3,2
.2.	110	2..	20	..2	3,0
.3.	105	3..	19	..3	3,0
.4.	100	4..	18	..4	4,2
.5.	95	5..	17	..5	3,0
.6.	90	6..	16	..6	2,8
.7.	85	7..	15	..7	2,9
.8.	80	8..	14	..8	3,7
.9.	75	9..	12	..9	3,1

Неточные размеры, указанные на плане, например, В/3...б, намечает студент, стремясь к наибольшей их целесообразности.

Нормы освещенности

Помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность, для которой нормируется освещенность	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Освещенность при лампах, лк		Дополнительные указания
			РЛ	ЛН	
1	2	3	4	5	6
1 Животноводческие здания и сооружения					
1.1 Для крупного рогатого скота молочного направления					
1.1.1 Помещение для содержания коров и ремонтного молодняка:					
- зона кормления	Пол, зона расположения кормушек	Горизонтальная	75	30	Во время доения освещенность на вымени коровы должна быть не менее 150 лк
- стойла, секции, боксы	Пол	Горизонтальная	50	20	
1.1.2 Помещения для содержания быков - производителей	Пол, зона расположения кормушек	Горизонтальная	75	30	-
1.1.3 Помещения родильного отделения:					-
- для отела коров	Пол	Горизонтальная	150	100	-
- для санитарной обработки коров	Пол	Горизонтальная	75	30	-
- профилакторий, помещения для содержания телят	Пол	Горизонтальная	100	50	-
1.1.4 Телятники	Пол	Горизонтальная	100	50	-
1.2 Для крупного рогатого скота мясного направления					
1.2.1 Денники и секции для коров-кормилиц с телятами	Пол	Горизонтальная	75	30	-
1.2.2 Помещения для дорастивания молодняка	Пол	Горизонтальная	50	20	-
1.2.3 Помещения для откорма молодняка (стойла, секции, боксы)	Пол	Горизонтальная	50	20	-
1.2.4 Помещения для санитарной обработки, сушки и взвешивания молодняка	Шкала приборов	Плоскость расположения шкалы	100	50	-
Выгульные площадки	Земля	Горизонтальная	5	5	Допускается прожекторное освещение
1.3 Для свиней					
1.3.1 Помещения для содержания хряков-производителей, холостых и супоросных маток	Пол	Горизонтальная	75	30	-
1.3.2 Помещение для подсосных маток	Пол	Горизонтальная	100	50	-
1.3.3 Помещения для содержания отъемышей и ремонтного молодняка	Пол	Горизонтальная	75	30	-
1.3.4 Помещения для содержания откормочного поголовья	Пол	Горизонтальная	50	20	-

1	2	3	4	5	6
2 Птицеводческие здания и сооружения (ВНИТИП)					
Инкубаторий (инкубаторный зал)	Пол	Горизонтальная	75	30	
Здания и сооружения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции					
Складские помещения для картофеля, овощей и фруктов	Пол проезда, прохода	Горизонтальная	-	20	
Сортировочная	Зона работы	Горизонтальная	200	150	
Помещения для проращивания картофеля	Зона работы	Горизонтальная	100	50	
Складские помещения для зерна (зерносклады)	Пол	Горизонтальная	-	5	В зоне действия механизмов освещенность 20 лк
Производственные помещения для обработки зерна	Пол	Горизонтальная	-	10	То же

Нормы освещения производственных участков сельхозпредприятий

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирования освещенности и ее высота от пола, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Освещенность, лк		Дополнительные указания
			РЛ	ЛН	
Ремонтно-механические участки					
Слесарно-механический	Г-0,8	Пв	300	-	Предусмотреть местное освещение. Освещенность рабочих мест 2500 лк при РЛ и 2000 при ЛН
Заготовительный	Г-0,8	Vб	150	100	
Кузнечный, термический	Г-0,8	VII	200	150	
Участки по обслуживанию автомобилей					
Пост мойки и уборки автомобилей	Г-0,0; В-VI на машине	VI	150	75	
Отделение ремонта и технического обслуживания	То же	Va	200	150	
Ежедневное обслуживание автомобилей	В-на машине	VIIIa	75	-	
Осмотровые каналы	Г-низ машины	VI	150	75	Для переносных светильников предусмотреть штепсельные розетки
Отделение: моторное, агрегатное, механическое, электротехническое, карбюраторное и др.	Г-0,8	IVa	300	200	То же
Электроремонтные участки					
Механический при ремонте низковольтной аппаратуры	Г-0,8	-	300	-	
Отделение ремонта трансформаторов	Г-0,0	Va	200	150	
Отделение ремонта аппаратов и приборов	Г-0,8	Пб	300	-	Предусмотреть комбинированное освещение с освещенностью 3000 лк

1	2	3	4	5	6
Помещения подсобных предприятий и общественно-бытового назначения					
Вентиляционная и фумигационная камеры	Пол	Горизонтальная	50	20	
Весовые	Шкала весов	Вертикальная	150	100	Допускается локализованное размещение светильников
Помещения для инвентаря и машин	Пол	Горизонтальная	-	10	
Распределительные устройства, КТП, щиты:					
– фасад щитов		Вертикальная	100	75	
– задняя сторона		Вертикальная	75	30	
Открытые площадки для хранения автомобилей	Пол	-	5	5	
Материальные, инструментальные и прочие склады	Пол		75	50	
Лаборатории различного назначения	На уровне 0,8 м от пола	Горизонтальная	300	150	

Значения коэффициента запаса, учитывающего снижение освещенности в процессе эксплуатации осветительной установки

Помещения и территории	Примеры помещений	Коэффициент запаса	
		Разрядных ламп	Ламп накала
1. Помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) свыше 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти б) от 1 до 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти в) менее 1 мг/м ³ пыли, дыма, копоти г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также веществ, вызывающих интенсивную коррозию материалов	Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов	2,0	1,7
	Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные, сборного железобетона	1,8	1,5
	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,5	1,3
	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений. Цехи гальванических покрытий и гальванопластики различных отраслей промышленности с применением электролиза	1,8	1,5
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников: а) с технического этажа б) снизу из помещения	–	1,3	1,15
	–	1,4	1,2
3. Помещения общественных и жилых зданий	Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т.д.	1,5	1,3
4. Территории: а) металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог б) промышленных предприятий (кроме указанных в п. «а») и общественных зданий	–	1,5	1,4
	–	1,4	1,2
5. Улицы, площади, дороги, территории жилых районов и выставок, парки, бульвары	–	1,5	1,3

Примечания: 1. Коэффициенты запаса установлены с учетом числа чисток заполнений световых проемов и светильников в год: по п. 1а – 4 и 18 чисток соответственно; по пп. 1б, 1г – 3 и 6; по пп. 1в, 2а – 2 и 4; по пп. 2б, 3 – 2 и 2; по п. 4а – 4 чистки светильников по пп. 4б, 5 – чистки светильников.

2. Значения коэффициентов запаса следует снижать: а) при использовании светильников 5 – 7-й эксплуатационных групп по п. 1а – на 0,35, по пп. 1б, 1г – на 0,2, по п. 1в – на 0,1; при этом число необходимых чисток сокращается в три раза по п. 1а и в два раза – по пп. 1б, 1г – на 0,15.

При наличии одновременно двух признаков снижения коэффициента запаса следует принимать наибольшее его снижение.

Технические данные светильников

Таблица 1 – Технические данные светильников для производственных помещений с люминесцентными лампами

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Защитный угол, ... °	Степень защиты	Климатическое исполнение	Группа условий эксплуатации	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛВП04-4×65-001	ЛБ65	П	Д	51	90	IP54	УХЛ4, О4	М1	1630×545×405	25,0
ЛВП05-4×65-001	ЛБ65	П	Д	52	90	IP54			1630×545×135	19,0
ЛВП05-4×65-002	ЛБ65	П	Д	55	15	IP20			1630×545×135	17,5
ЛВП05-4×65-003	ЛБ65	П	Д	60	90	IP20			1630×545×135	18,5
ЛВП06-5×65-001	ЛБ65	П	Д	52	90	IP54			1630×545×410	21,4
ЛВП06-5×65-002	ЛБ65	П	Д	46	90	IP54			1630×545×425	23,4
ЛВП06-5×65-003	ЛБ65	П	Д	51	15	IP54			1630×545×403	20,0
ЛСП02-2×40-01-03	ЛБ40	Н	Д	75	15	IP20		М2	1234×280×159	5,5
ЛСП02-2×40-04-06	ЛБ40	П	Д	70	15	IP20				7,0
ЛСП02-2×40-07-09	ЛБ40	Н	Д	70	15	IP20				7,0
ЛСП02-2×40-10-12	ЛБ40	П	Д	60	15	IP20				8,0
ЛСП02-2×40-13-15	ЛБ40	Н	Д	65	15	IP20				6,0
ЛСП02-2×40-16-18	ЛБ40	П	Д	60	15	IP20				7,5
ЛСП02-2×40-19-21	ЛБ40	Н	Д	70	15	IP20			6,0	
ЛСП02-2×65-01-03	ЛБ65	Н	Д	75	15	IP20			1534×280×159	9,0
ЛСП02-2×65-04-06	ЛБ65	П	Д	70	15	IP20				9,0
ЛСП02-2×65-07-09	ЛБ65	Н	Д	70	15	IP20				10,0
ЛСП02-2×65-10-12	ЛБ65	П	Д	60	15	IP20				10,0
ЛСП02-2×65-13-15	ЛБ65	Н	Д	65	15	IP20				10,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛСП02-2×65-16-18	ЛБ65	П	Д	60	15	IP20	УХЛ4, О4	М2	1534×280×159	10,0
ЛСП02-2×65-19-21	ЛБ65	Н	Д	65	15	IP20		М2	1534×200×159	9,0
ЛСП13-2×65-001	ЛБ65	П	Л	75	15	IP20	У4	М1	1546×480×154	15,5
ЛСП13-2×40-001	ЛБ40	П	Л	75	15	IP20			1246×480×154	12,0
ЛСП13-2×65-002	ЛБ65	П	Л	70	30	IP20			1546×480×154	16,0
ЛСП13-2×40-002	ЛБ40	П	Л	70	30	IP20			1246×480×154	12,5
ЛСП13-2×65-003	ЛБ65	П	Г	70	15	IP20			1546×480×156	15,0
ЛСП13-2×40-003	ЛБ40	П	Г	70	15	IP20			1246×480×156	11,5
ЛСП13-2×65-004	ЛБ65	П	Г	75	30	IP20			1546×480×156	14,0
ЛСП13-2×40-004	ЛБ40	П	Г	75	30	IP20			1246×480×156	10,5
ЛСП13-2×65-005	ЛБ65	П	Спе- ци- альная	70	15	IP20			1546×480×150	15,5
ЛСП13-2×40-005	ЛБ40	П		70	15	IP20			1246×480×150	12,0
ЛСП13-2×65-006	ЛБ65	П		65	30	IP20			1546×480×150	16,0
ЛСП13-2×40-006	ЛБ40	П		65	30	IP20			1546×480×150	12,5
ЛСП18-40	ЛБР40	Н		88	15	5'4			1330×65×165	4,3
ЛСП18-65	ЛБР65	Н		88	15	5'4			1330×65×165	5,4
ЛСП18-2×40	ЛБР40	Н	85	15	5'4	1310×160×170	6,3			
ЛСП18-2×65	ЛБР65	Н	85	15	5'4	1610×160×173	7,7			
ЛСП18-18	ЛБ18	Н	М	75	-	IP65	750×75×180	5,3		
ЛСП18-36	ЛБ36	Н	М	75	15	IP65	1630×75×180	5,4		
ЛСП18-58	ЛБ58	Н	М	75	15	IP65	1630×75×180	6,5		
ЛСП18-18	ЛБ18	П	Д	70	15	5'4	720×152×204	4,2		
ЛСП18-36	ЛБ36	П	Д	70	15	5'4	1330×152×204	6,3		
ЛСП18-58	ЛБ58	П	Д	70	15	5'4	1630×152×204	6,3		
ЛСП18-2×18	ЛБ18	П	Д	70	15	5'4	720×270×204	5,3		
ЛСП18-2×36	ЛБ36	П	Д	70	15	5'4	1330×270×204	7,7		
ЛСП18-2×58	ЛБ58	П	Д	70	15	5'4	1630×270×204	9,4		
ЛСП18-2×18	ЛБ18	Р	Спец.	70	-	IP65	710×240×126	4,8		

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЛСП18-2×36	ЛБ36	Р	Спец.	70	-	IP65	УХЛ4, О4	М1	1320×240×126	7,0
ЛСП18-2×58	ЛБ58	Р	Спец.	70	-	IP65			1620×240×126	8,5
ЛСП22-2×65-001	ЛБР65	Н	Д	85	-	5'0			1625×148×170	9,2
ЛСП22-2×65-002	ЛБ65	Н	Д	85	-	5'0			1625×148×170	9,1
ЛСП22-2×65-101	ЛБ65	П	Д	70	90	5'3			1625×280×215	11,5
ЛСП22-2×65-102	ЛБ65	П	Д	70	90	5'3				11,4
ЛСП22-2×65-201	ЛБ65	Н	Д	75	90	5'0				11,0
ЛСП22-2×65-202	ЛБ65	Н	Д	75	90	5'0				10,9
ЛСП22-2×65-111	ЛБ65	П	Д	65	15	5'3				13,1
ЛСП22-2×65-112	ЛБ65	П	Д	65	15	5'3				13,0
ЛСП22-2×65-211	ЛБ65	Н	Д	70	15	5'0				12,0
ЛСП22-2×65-212	ЛБ65	Н	Д	70	15	5'0		11,9		
ПВЛМ-2×40-01	ЛБР40	Н	Д	85	-	5'0		М2		1325×148×160
ПВЛМ-2×40-02	ЛБР40	Н	Д	85	-	5'0			6,9	
ПВЛМ-ДО-2×40-01	ЛБ40	Н	Д	75	15*	5'0			9,7	
ПВЛМ-ДО-2×40-02	ЛБ40	Н	Д	75	15*	5'0			9,7	

* В поперечной плоскости.

Таблица 2 – Технические данные светильников для производственных помещений с лампами накаливания

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Защитный угол, град	Степень защиты	Климатическое исполнение	Группа условий эксплуатации	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
НПП03-100-001М	Б220-230-100	П	Д	75	90	IP64	У3,Т3	М1	290×265×155	2,7
НПП05-100-001	Б215-225-100	П	М	75	90	IP55	УХЛ2	М1	324×135×160	2,4
НПП05-100-002	Б215-225-100	П	М	72	90	IP55	УХЛ2	М1	324×150×160	2,5
НСП02-100	Б215-225-100	Р	М	70	90	IP51	У3, ХЛ2, Т3	М1	Ø155×262	2,5
НСП03-60-01	Б215-225-60	Р	М	75	90	IP54	У3	М1	Ø110×334	1,1
НСП03-60-02	Б215-225-60	Р	М	65	90	IP54	У3	М1	Ø110×334	1,1
НСП11-100-231	Б215-225-100	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø305×320	2,8
НСП11-100-331	Б215-225-100	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø305×332	2,8
НСП11-100-431	Б215-225-100	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø305×345	2,8
НСП11-200-231	Б215-225-200	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø410×350	5,1
НСП11-200-331	Б215-225-200	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø410×362	5,1
НСП11-200-431	Б215-225-200	П	Д	65	15	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø410×375	5,1
НСП11-100-234	Б215-225-100	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø200×330	2,1
НСП11-100-334	Б215-225-100	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø200×345	2,1
НСП11-100-434	Б215-225-100	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø200×355	2,1
НСП11-200-234	Б215-225-200	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø230×365	3,2
НСП11-200-334	Б215-225-200	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø230×380	3,2
НСП11-200-434	Б215-225-200	Р	М	75	90	IP62	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø230×390	3,2
НСП17-200-003(103)	Г220-230-200	П	Л	80	15	IP20, 5'0	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø284×336	1,2
НСП17-500-003(103)	Г220-230-500	П	Л	80	15	IP20, 5'0	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø321×404	1,4
НСП17-500-004(104)	Г220-230-500	П	Г	80	15	IP20, 5'0	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø408×400	1,7

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
НСП17-1000-004(104)	Г220-230-1000	П	Г	80	15	IP20, 5'0	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø478×514	2,3
НСП17-1000-005(105)	Г220-230-1000	П	К	80	15	IP20, 5'0	У3, ХЛ3, Т3	М1	Ø548×483	2,0
НСП21-100-001	Б215-225-100	П	Д	80	15	5'3	У3, Т3	М1	Ø224×290	1,3
НСП21-100-002	Б215-225-100	П	Кососвет	80	30*	5'0	У3, Т3	М1	Ø210×380	1,3
НСП21-200-003	Б215-225-200	П	Д	82	15	5'3	У3, Т3	М1	Ø316×340	2,2
НСП21-200-004	Б215-225-200	П	Кососвет	80	30*	5'0	У3, Т3	М1	Ø280×420	2,2
НСП21-200-005	Б215-225-200	П	Г	65	15	5'3	У3, Т3	М1	Ø310×400	3,8
НСП22-500-111	Г215-225-500	Н	К	65	15	IP60	У2, ХЛ3, Т3	М1	Ø445×480	9,5
НСП22-500-121	Г215-225-500	Н	К	70	15	5'0	У2, ХЛ3, Т3	М1	Ø410×420	4,1
НСР01-100	Б220-230-100	Р	М	80	90	IP54	О5, Т5, ХЛ1	М1	Ø180×270	2,5
НСР01-200	Б220-230-200	Р	М	77	90	IP54	О5, Т5, ХЛ1	М1	Ø240×305	3,7
ИСП04-1000	КГ220-1000-5	П	К	55	45	IP54	УХЛ4	М3	700×360×630	21,0

Угол наклона оси симметрии светильника к вертикали.

Таблица 3 – Технические данные светильников для производственных помещений с лампами типа ДРЛ

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Защитный угол...°	Степень защиты	Климатическое исполнение	Группа условий эксплуатации	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РПП01-50	ДРЛ50	П	Д	65	90*	IP54	У3	М1	385×340×200	7,5
РПП01-80	ДРЛ80	П	Д	60	90*	IP54	У3	М1	385×340×200	7,5
РПП01-125	ДРЛ125	П	Д	60	90*	IP54	У3	М1	385×340×200	7,5
РСП05-250	ДРЛ250	П	Д	70	15	IP20	УХЛ4, О4	М2	Ø398×440	2,1
РСП05-400	ДРЛ400	П	Д	70	15	IP20		М2	Ø492×535	2,3
РСП05-700	ДРЛ700	П	Д	70	15	IP20		М2	Ø542×565	3,3
РСП05-1000	ДРЛ1000	П	Д	70	15	IP20		М2	Ø614×590	3,5
РСП08-250Д	ДРЛ250	П	Д	75	15	IP20	У3, Т3	М1	Ø400×480	8,0
РСП08-250Г	ДРЛ250	П	Г	80	15	5'3		М1	Ø400×480	8,0
РСП08-250Л	ДРЛ250	П	Л	80	15	IP20, 5'0		М1	Ø350×500	8,0
РСП12-700-001	ДРЛ700	П	М	60	15	IP60		М1	Ø600×650	11,5
РСП13-400-001	ДРЛ400	П	Д	71	15	5'4		М1	Ø440×527	2,7
РСП13-400-002	ДРЛ400	П	Г	76	15	5'4		М1	Ø440×527	2,7
РСП13-700-001	ДРЛ700	П	Д	71	15	5'4		М1	Ø590×600	3,6
РСП13-700-002	ДРЛ700	П	Г	76	15	5'4		М1	Ø590×615	3,9
РСП13-700-003	ДРЛ700	П	К	76	15	5'4		М1	Ø590×645	4,5
РСП13-1000-001	ДРЛ1000	П	Д	71	15	5'4		М1	Ø590×614	4,0
РСП13-1000-002	ДРЛ1000	П	Г	76	15	5'4	М1	Ø590×630	4,3	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РСП13-1000-003	ДРЛ1000	П	К	76	15	5'4	УЗ, ТЗ	М1	Ø590×645	4,5
РСП14-2×700-011	ДРЛ700	П	Д	60	15	IP60		М1	1330×610×595	41,5
РСП14-2×700-012	ДРЛ700	П	Д	70	15	5'0		М1	1290×565×575	33,5
РСП14-2×700-021	ДРЛ700	П	Г	70	15	IP60		М1	1330×610×595	41,5
РСП14-2×700-022	ДРЛ700	П	Г	75	15	5'0		М1	1290×565×575	33,5
РСП18-250-001	ДРЛ250	П	Д	70	15	IP20		М1	Ø435×420	1,85
РСП18-250-002	ДРЛ250	П	Г	75	15	IP20		М1	Ø435×420	1,85
РСП18-250-003	ДРЛ250	П	К	75	15	IP20		М1	Ø435×450	1,90
РСП18-400-001	ДРЛ400	П	Д	70	15	IP20		М1	Ø435×475	1,70
РСП18-400-002	ДРЛ400	П	Г	75	15	IP20		М1	Ø435×420	1,70
РСП18-400-003	ДРЛ400	П	К	75	15	IP20		М1	Ø585×550	2,55
РСП18-700-001	ДРЛ700	П	Д	70	15	IP20		М1	Ø585×550	2,70
РСП18-700-002	ДРЛ700	П	Г	75	15	IP20		М1	Ø435×475	2,70
РСП18-003	ДРЛ700	П	К	75	15	IP20		М1	Ø585×565	2,85
РСП18-1000-001	ДРЛ1000	П	Д	70	15	IP20	М1	Ø585×575	3,00	
РСП18-1000-002	ДРЛ1000	П	Г	75	15	IP20	М1	Ø585×575	3,00	
РСП18-1000-003	ДРЛ1000	П	К	75	15	IP20	М1	Ø585×605	3,10	
РСП21-125(80)-X11	ДРЛ125(80)	П	Д	60	15	IP53	УХЛ3, Т3	М1	Ø365×375	6,2
РСП21-125(80)-X21	ДРЛ125(80)	П	Д	65	15	5'3		М1	Ø345×320	5,0
РСП21-125(80)-X31	ДРЛ125(80)	П	Д	65	15	5'0		М1	Ø345×340	5,0
РСП21-125(80)-X41	ДРЛ125(80)	П	Д	65	15	IP25		М1	Ø345×340	5,0
РСП21-125(80)-X32	ДРЛ125(80)	П	Спец.	65	-	5'0		М1	Ø345×405	4,9
РСП21-125(80)-X52	ДРЛ125(80)	П	Спец.	65	-	IP20		М1	Ø345×405	4,9
РСП25-80	ДРЛ80	П	Д	60	15	IP54	УХЛ4, О4	М1	Ø476×490	14,5
РСП25-125	ДРЛ125	П	Спец.	80	15	IP54		М1	Ø476×490	14,5
РСП25-250	ДРЛ250	П	Спец.	80	15	IP54		М1	Ø516×530	15,5
РСП26-125-001	ДРЛ125	П	Д	70	-	5'1	У5	М1	Ø193×350	4,0

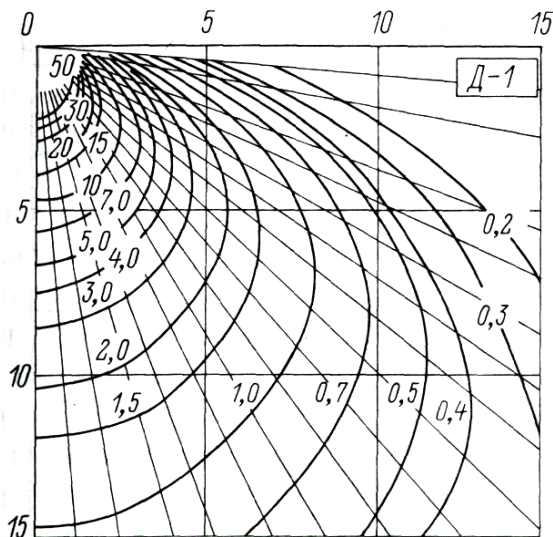
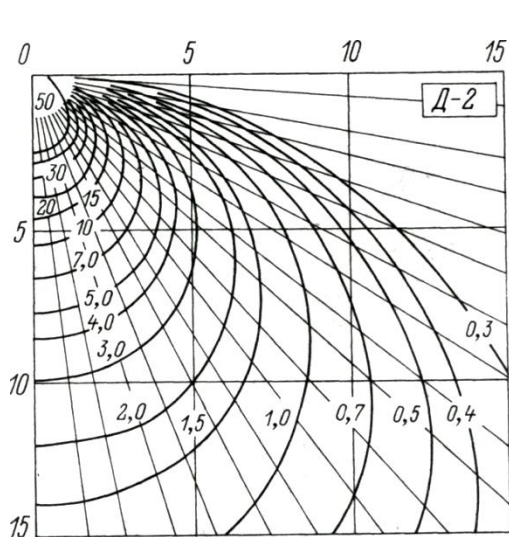
* Условный защитный угол

Таблица 4 – Технические данные светильников для производственных помещений с лампами типа ДНаТ

Тип светильников	Тип лампы	Тип КСС	Кпд, %	Защитный угол, ...°	Степень защиты	Климатическое исполнение	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ЖПП01-70 ЖПП01-100	ДНаТ70 ДНаТ 100	Д	60	90*	IP54	УЗ	385x340x200	8,5
ЖСП01-400-001 ЖСП01-400-002 ЖСП01-400-041 ЖСП01-400-042 ЖСП01-400-011 ЖСП01-400-012 ЖСП01-400-051 ЖСП01-400-052	ДНаТ400-4	К	73	40	IP 23	УЗ,ТЗ	Ø550x595	3,5
ЖСП20-250-121		Г			IP53		Ø550x555	3,5
					IP23		Ø550x595	7,5
					-		Ø550x555	7,5
							Ø480x530	3,3
							Ø480x490	3,3
							Ø480x530	6,3
							Ø480x490	6,3
	ДНаТ250	Д	72	15	5'0	УЗ, ХЛЗ, ТЗ	Ø410x470	4,5

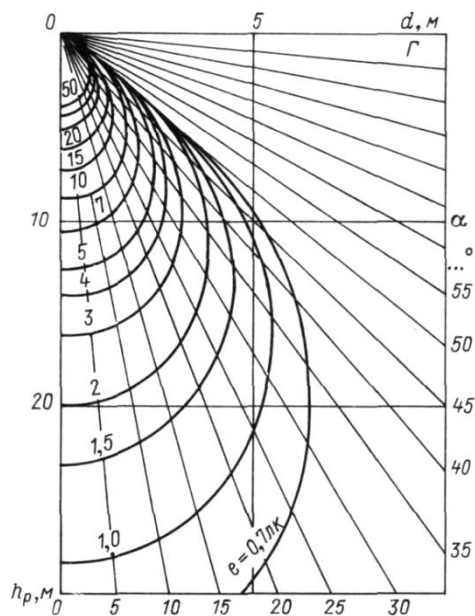
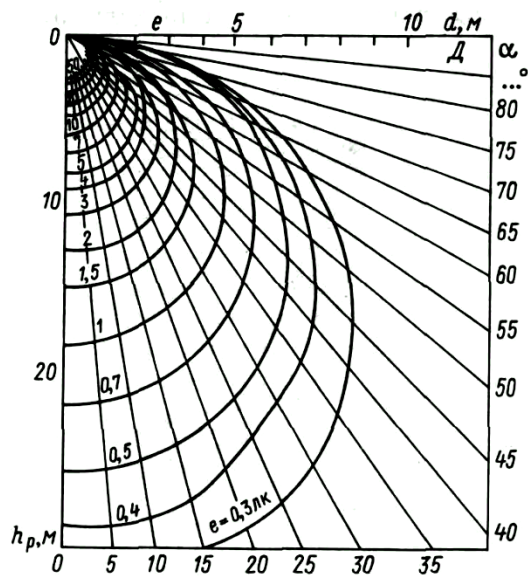
*Условный защитный угол.

Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС различного типа



Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-2

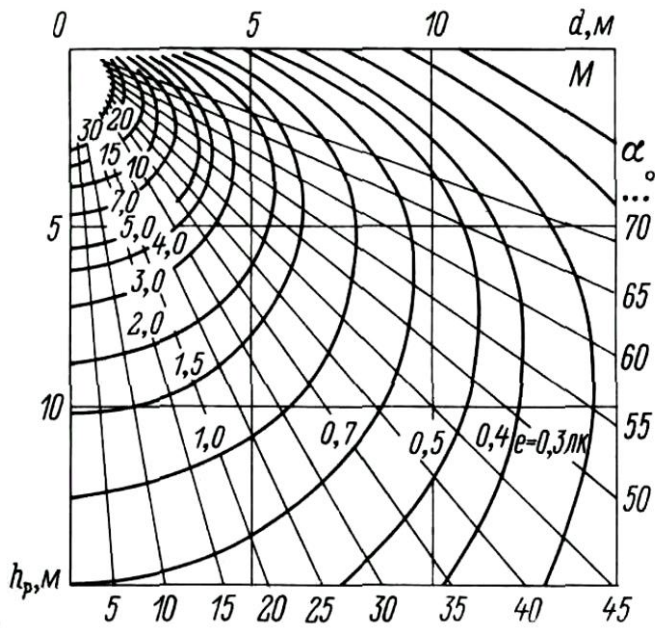
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-1



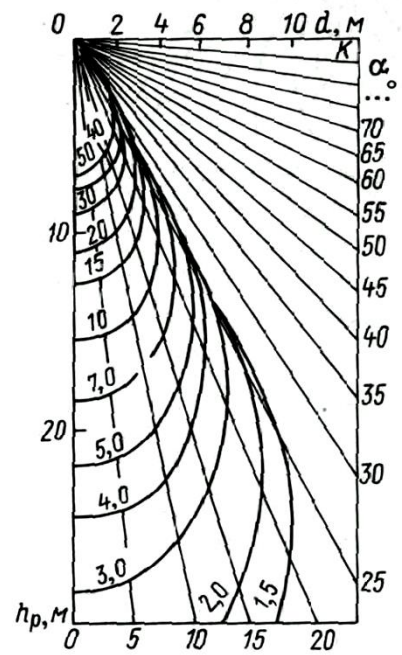
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д

Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г

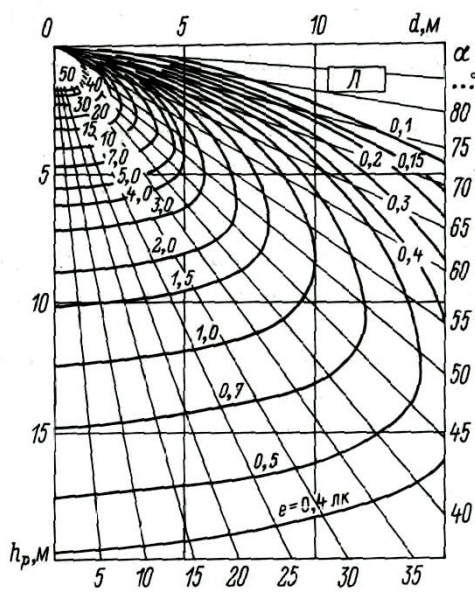
Продолжение прил. 5



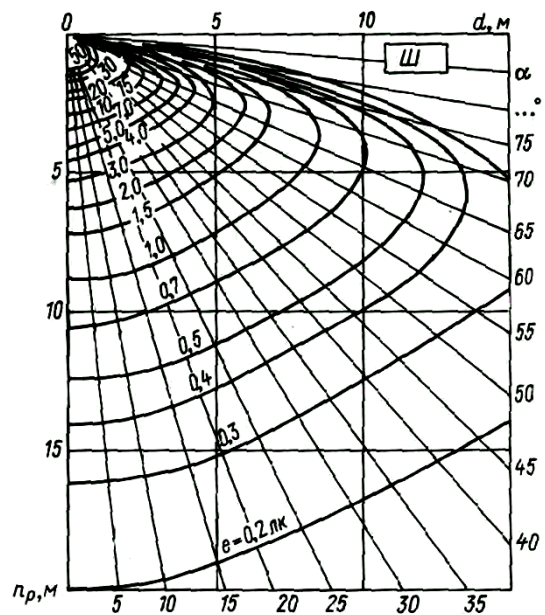
Пространственные изолукисы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа М



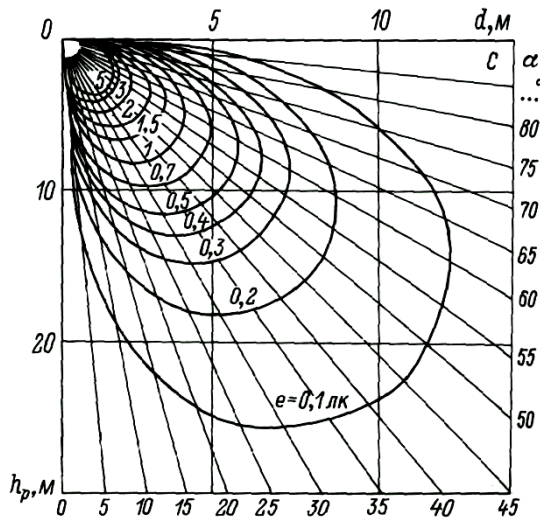
Пространственные изолукисы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К



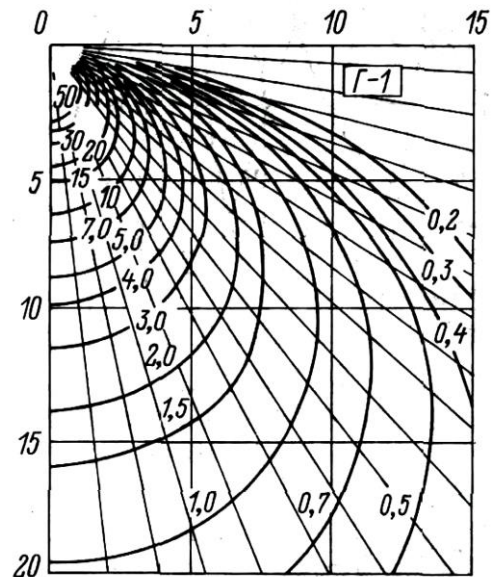
Пространственные изолукисы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л



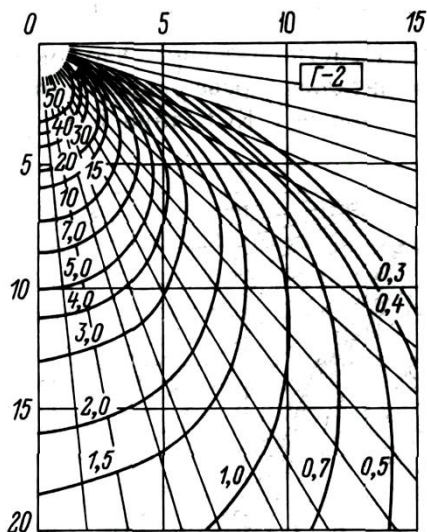
Пространственные изолукисы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Ш



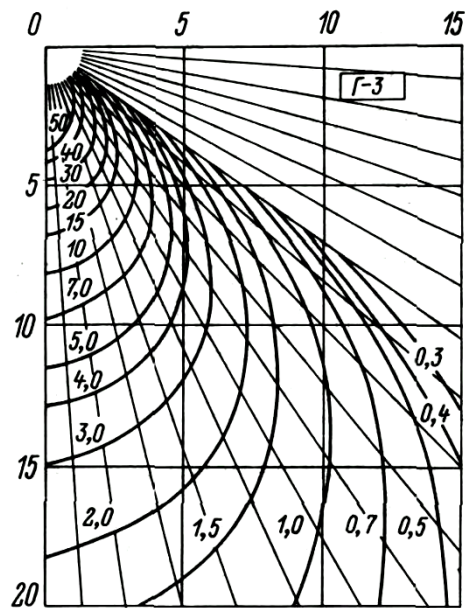
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа С



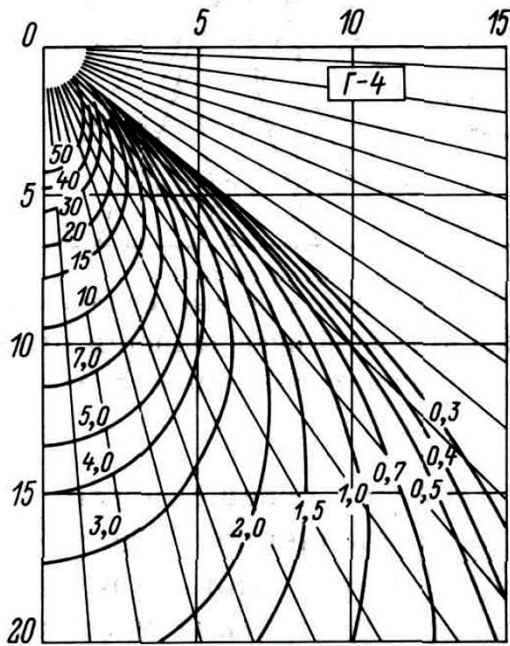
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-1



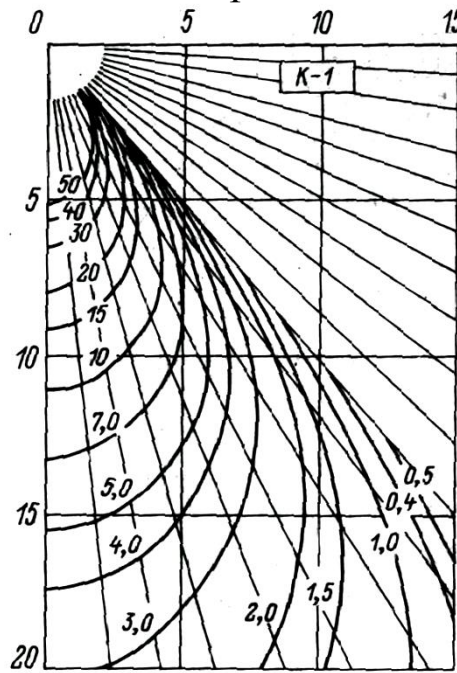
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-2



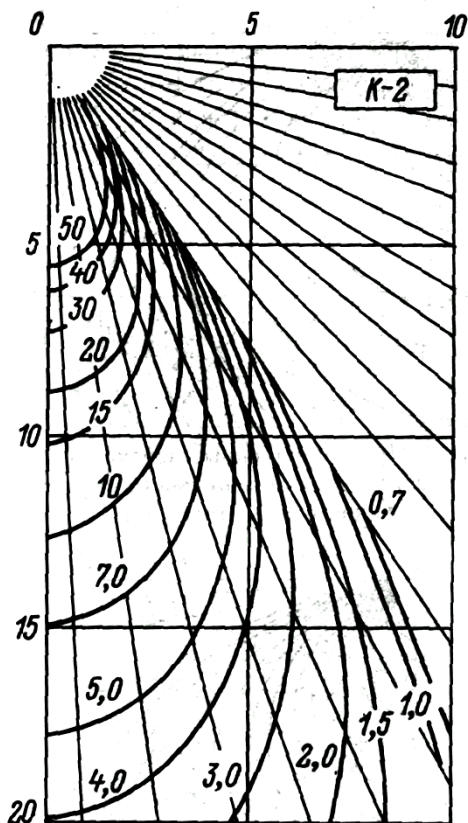
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-3



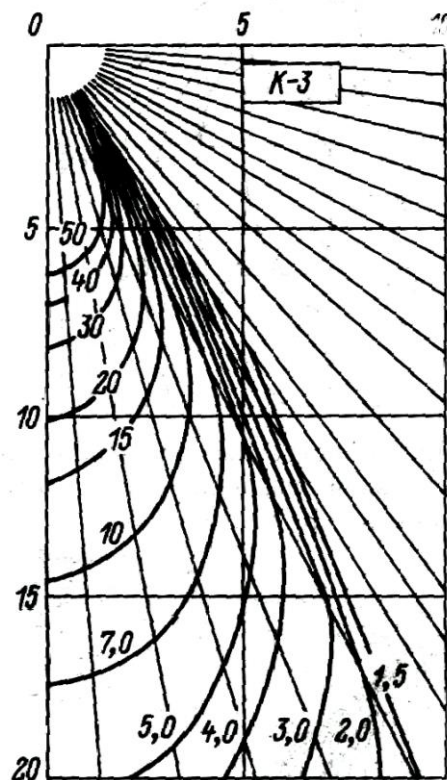
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-4



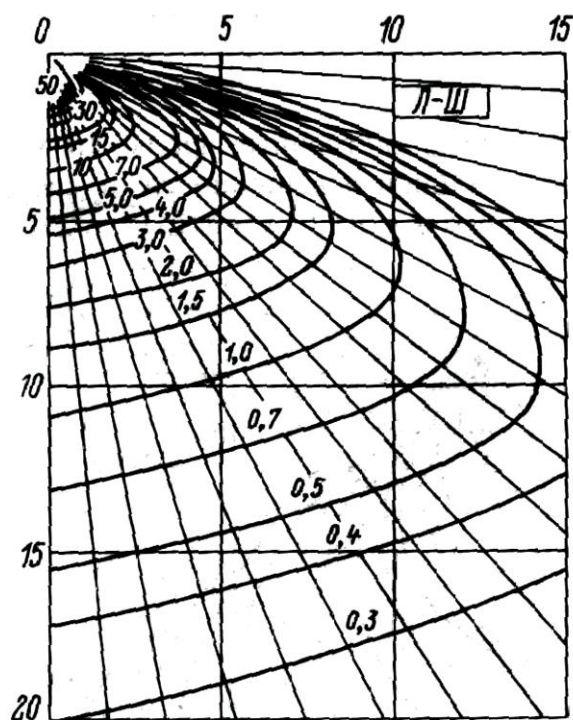
Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-1



Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-2



Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-3



Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л-Ш

Приложение 6

Пример расчета точечным методом

Пример. Рассчитать точечным методом освещение помещения с рабочими поверхностями у стен светильниками УПД при следующих условиях: расчетная высота $h_p=4$ м, нормированная освещенность $E_{\min}=75$ лк, коэффициент запаса $k=1,5$ и коэффициент добавочной освещенности $\mu=1,2$.

Решение. Поскольку в светильнике УПД глубокое светораспределение, то для него $\lambda=1$.

Расстояние между светильниками берем $L=4$ м и размещаем их по вершинам квадратов 4×4 м². Расстояние от крайних светильников до стен равно $0,25L=1$ м.

На плане помещения намечаем контрольные точки *A* и *B*, в которых освещенность может оказаться наименьшей. Рассчитываем расстояния d от этих точек до проекций ближайших светильников.

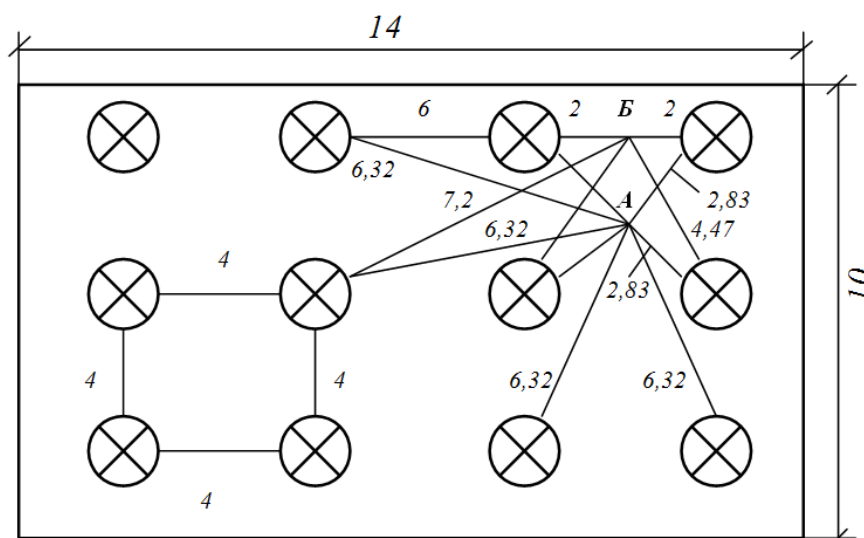


Рисунок – К примеру расчета точечным методом

По кривым изолюкс для светильника УПД находим условные освещенности в контрольных точках от каждого ближайшего (учитываемого) светильника. Результаты для удобства представляем в виде таблицы.

Таблица – К определению условных освещенностей

Число светильников	Расстояние d, м	Условная освещенность e, лк	Число светильников	Расстояние d, м	Условная освещенность e, лк
Для точки А			Для точки Б		
4	2,83	30,0	2	2,00	24,0
2	6,32	2,4	2	4,47	8,0
2	6,32	2,4	1	6,00	1,5
1	8,50	0,3	1	7,20	0,6
Σe=35,1			Σe=34,1		

За расчетную принимаем точку *Б* как точку с меньшей освещенностью. Значение Σe для точки *Б* подставляем в формулу расчета потока источника точечным методом (формула 6) и получаем необходимый световой поток лампы

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,5}{(1,2 \cdot 34,1)} = 2749 \text{ лм} .$$

Из таблицы 6 выбираем ближайшую стандартную лампу Г21-235-200. Ее световой поток $\Phi = 2920$ лм и отличается от расчетного на $\Delta\Phi = \frac{(2920 - 2749)}{2749} \cdot 100 = 6,2\%$, что укладывается в пределы допустимых отклонений (от -10 до +20 %).

Индекс помещения $I_{П}$ при $A/B \leq 3$

S, м ²	Значение $I_{П}$ при расчетной высоте $h_{р}$, м, равной														
	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10
10	0,8	0,7	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-
25	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
30	1,25	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-
40	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-	-
50	1,75	1,5	1,25	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	-	-	-
60	1,75	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-	-	-
70	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	-	-
80	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-	-
90	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	-
100	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	-
120	2,5	2,25	2,0	2,0	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
150	3,0	2,5	2,25	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
200	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
250	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8
300	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8
350	4,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9
400	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25	1,25	1,1	1,0
450	5,0	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,75	1,5	1,25	1,1	1,0
500	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,75	1,5	1,25	1,25	1,1
600	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	2,0	1,75	1,5	1,25	1,1
700	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5	1,25
800	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,5
900	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5	1,25
1000	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,5
1200	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75	1,75
1400	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0	1,75
1600	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0
1800	-	-	-	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,5	3,0	2,5	2,25	2,0
2000	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,25
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5
3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0	3,0
4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5	3,0
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	4,0	3,5
6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5
7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0	3,5
8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0
9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	4,0
10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0

Индекс помещения $I_{П}$ при $A/B > 3$

A/B	Значение $I_{П}$ при расчетной высоте $h_{р}$, м, равной																
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
3-4	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0
5-6	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	4,0
7-9	-	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,5
10	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
15	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
20	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,25
30	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5	1,75
40-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,25	1,5

Коэффициент использования светильников с типовыми КСС

Тип КСС	Значение U_{Oy} , %											
	При $\rho_{п}=0,7$; $\rho_{с}=0,5$; $\rho_{р}=0,3$ и $I_{п}$, равном						При $\rho_{п}=0,7$; $\rho_{с}=0,5$; $\rho_{р}=0,1$ и $I_{п}$, равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	35	50	61	73	83	95	34	47	56	66	75	86
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	75	84	92
Г-1	49	60	75	90	101	106	48	57	71	82	89	94
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96
Г-3	64	74	85	95	100	105	62	70	79	80	90	93
Г-4	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	95	97	100
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102
Л	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83

Тип КСС	Значение U_{Oy} , %											
	При $\rho_{п}=\rho_{с}=0,5$; $\rho_{р}=0,3$ и $I_{п}$, равном						При $\rho_{п}=0,7$; $\rho_{с}=0,3$; $\rho_{р}=0,1$ и $I_{п}$, равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	32	45	55	67	74	84	26	36	46	56	67	80
Д-1	36	48	57	66	76	85	28	40	49	59	68	74
Д-2	42	51	65	71	90	85	33	43	56	74	80	76
Г-1	45	56	65	78	76	84	42	52	69	78	73	76
Г-2	55	66	80	92	96	103	48	60	73	84	90	94
Г-3	63	72	83	91	96	100	57	66	76	84	84	91
Г-4	68	73	81	87	91	94	62	69	76	81	84	85
К-1	70	78	86	92	96	100	65	73	81	86	89	90
К-2	72	80	91	99	103	108	67	75	84	93	97	100
К-3	74	83	93	101	106	170	68	77	86	95	98	101
Л	32	47	57	69	79	90	24	40	50	62	71	77

Тип КСС	Значение U_{Oy} , %											
	При $\rho_{п}=\rho_{с}=0,5$; $\rho_{р}=0,1$ и $I_{п}$, равном						При $\rho_{п}=0,5$; $\rho_{с}=0,3$; $\rho_{р}=0,1$ и $I_{п}$, равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76

Окончание прил. 9

Тип КСС	Значение U_{Oy} , %											
	При $\rho_{II}=0,3$; $\rho_C=\rho_P=0,1$ и I_{II} , равном						При $\rho_{II}=\rho_C=\rho_P=0$ и I_{II} , равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	17	29	38	46	58	67	16	28	38	45	55	65
Д-1	27	35	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66
Д-2	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78
Г-1	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74
Г-2	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86
Г-3	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85
Г-4	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81
К-1	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86
К-2	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95
К-3	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94
Л	20	35	44	48	65	69	17	33	42	53	63	70
Л-Ш	-	-	-	-	-	-	12	26	35	47	58	68
Ш	-	-	-	-	-	-	9	17	25	36	49	62

Коэффициент использования светового потока светильников с типовыми кривыми силы света, излучаемого в нижнюю полусферу

Типовая КСС	Равномерная М								Косинусная Д								Глубокая Г							
	70				50		30	0	70				50		30	0	70				50		30	0
$\rho_{П}, \%$	50		30		50	30	10	0	50		30		50	30	10	0	50		30		50	30	10	0
$\rho_{Р}, \%$	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0	30	10	30	10	10		10	0
Значение $i_{П}$:	Коэффициент использования, %																							
0,5	28	28	21	21	25	19	15	13	36	35	30	30	34	28	25	22	58	57	55	53	57	53	49	47
0,6	35	34	27	26	31	24	18	17	43	42	35	34	40	33	28	27	68	65	62	60	64	60	57	56
0,7	44	39	32	31	39	31	25	24	48	47	41	38	45	38	33	31	74	69	68	64	69	64	61	60
0,8	49	46	38	36	43	36	29	28	54	51	45	43	49	43	37	36	78	73	72	69	72	69	66	64
0,9	51	48	40	39	46	39	31	30	57	55	48	46	52	46	41	39	81	76	75	72	75	72	70	67
1,0	54	50	43	41	48	41	34	32	60	57	52	50	55	49	45	42	84	78	78	75	77	74	72	70
1,1	56	52	46	43	50	43	35	33	64	60	55	52	58	51	47	44	87	81	80	77	79	76	74	72
1,25	59	55	49	46	53	45	38	35	69	63	60	56	61	55	50	48	90	83	84	79	82	79	76	75
1,5	64	59	53	50	56	49	42	39	75	69	67	62	67	61	55	53	94	86	88	83	85	82	79	78
1,75	68	62	57	53	60	53	45	42	79	72	71	66	70	65	60	57	97	88	92	85	86	85	82	80
2,0	73	65	61	56	63	56	48	45	83	75	75	69	73	68	64	61	99	90	95	88	88	87	84	82
2,25	76	68	65	60	66	59	51	48	86	77	79	73	76	71	66	64	101	92	97	90	90	88	85	83
2,5	79	70	68	63	68	61	54	51	89	80	82	75	78	73	69	66	103	93	99	91	91	89	87	85
3,0	83	75	73	67	72	65	58	55	93	83	86	79	81	77	73	71	105	94	102	92	93	91	89	86
3,5	87	78	77	70	75	68	61	59	96	86	90	82	83	80	76	73	107	95	104	94	94	93	90	88
4,0	91	80	81	73	78	72	65	62	99	88	93	84	85	83	79	76	109	96	105	94	94	94	91	89
5,0	95	83	86	77	80	75	69	65	105	90	98	88	88	85	81	79	111	97	108	96	96	95	92	90

**Коэффициент использования светового потока светильников (любого типа), излучаемого
в верхнюю полусферу**

Светильники	Потолочные						Подвесные							
	70			50		30	70			50		30		
ρп, %	50		30		50	30	10	50		30		50	30	10
ρр, %	30	10	30	10	10		10	30	10	30	10	10		10
Значение iп:	Коэффициент использования, %													
0,5	26	25	20	19	17	13	6	19	18	15	14	11	9	4
0,6	30	28	24	23	20	16	8	21	22	18	18	14	11	5
0,7	34	32	28	27	22	19	10	27	26	22	21	16	13	6
0,8	38	36	31	30	24	21	11	31	29	25	25	18	16	7
0,9	40	38	34	33	26	23	12	34	32	28	28	20	18	8
1,0	43	41	37	35	28	25	13	37	35	32	30	22	20	9
1,1	46	43	39	37	30	26	14	40	37	34	33	24	21	11
1,25	49	46	42	40	32	28	15	43	41	38	36	26	24	12
1,5	54	49	47	44	34	31	17	48	44	42	40	29	26	14
1,75	57	52	51	47	36	33	18	52	48	46	43	31	29	15
2,0	60	54	54	50	38	35	19	55	50	50	46	33	31	16
2,25	62	56	57	52	39	37	20	58	52	53	49	35	33	17
2,5	64	58	59	54	40	38	21	60	54	55	51	36	34	18
3,0	68	60	63	57	42	40	22	64	57	59	54	39	36	20
3,5	70	62	66	59	43	41	23	67	60	62	56	40	39	21
4,0	72	64	68	61	45	42	24	69	61	65	58	42	40	22
5,0	75	66	72	64	46	44	25	73	64	69	62	44	42	24

Пример расчета помещения методом коэффициента использования

Пример. В помещении с малым выделением пыли, размерами $A=21$ м, $B=12$ м, $h=4,2$ м, $h_{р.п.}=0,8$ м и коэффициентами отражения потолка $\rho_{п.п.}=50$ %, стен $\rho_{с.п.}=30$ %, расчетной поверхности $\rho_{р.п.}=10$ % определить методом коэффициента использования светового потока освещение светильниками «Астра» с лампами накаливания для создания освещенности $E=50$ лк.

Решение. В помещении с малым выделением пыли осветительную установку с лампами накаливания рассчитывают при коэффициенте запаса $k=1,3$.

В светильнике «Астра» косинусное светораспределение. Поэтому оптимальное относительное расстояние между светильниками следует взять $\lambda=1,6$.

Приняв высоту свеса светильников $h_c=0,5$ м, получим расчетную высоту $h_p=4,2-0,8-0,5=2,9$ м и расстояние между светильниками

$$L=2,9 \cdot 1,6=4,64 \text{ м.}$$

Число рядов светильников в помещении

$$N_B=12/4,64=2,58.$$

Число светильников в ряду

$$N_A=21/4,64=4,56.$$

Округляем эти числа до ближайших больших $N_A=5$ и $N_B=3$.

Общее число светильников

$$N=N_A \cdot N_B=5 \cdot 3=15.$$

Размещаем окончательно светильники. По ширине помещения расстояние между рядами $L_B=4,6$ м, а расстояние от крайнего ряда до стены чуть больше $0,3L$, а именно $1,4$ м. В каждом ряду расстояние между светильниками примем также $L_A=4,6$ м, а расстояние от крайнего светильника до стены будет $(21-4,64)/2=2,63=1,3$ м. Это составляет $0,28 L$.

Индекс помещения

$$i=21 \cdot 12/[2,9(21+12)]=252/(2,9 \cdot 33)=2,63.$$

По справочнику выбираем коэффициент использования светового потока $\eta=0,6$.

Так как расстояние между светильниками практически равно оптимальному, то принимаем коэффициент минимальной освещенности $z=1,15$.

Определяем необходимый световой поток лампы

$$\Phi = 50 \cdot 1,15 \cdot 252 \cdot 1,3 / (15 \cdot 0,6) = 2093 \text{ лм}$$

Выбираем по таблице 6 ближайшую стандартную лампу Г215-225-150, имеющую поток $\Phi_{\text{л}}=2090$ лм, что меньше расчетного значения на $\Delta \Phi = (2090-2093)100/2093 = -0,14 \%$.

Приложение 13

Значения коэффициента c , входящего в формулы для расчета сетей по потере напряжения

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Выражение коэффициента c	Значение коэффициента c для проводников	
			медных	алюминиевых
380/220	Трехфазная с нулевым проводом	$\frac{\gamma U_{\text{л}}^2}{10^5}$	72	44
380			72	44
220/127			24	14,7
220	Трехфазная без нулевого провода		24	14,7
36			0,648	0,396
24			0,288	0,176
12			0,072	0,044
380/220	Двухфазная с нулевым проводом	$\frac{\gamma U_{\text{л}}^2}{2,25 \cdot 10^5}$	32	19,5
220/127			10,7	6,5
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	$\frac{\gamma U_{\text{НОМ}}^2}{2 \cdot 10^5}$	12	7,4
127			4	2,46
36			0,324	0,198
24			0,144	0,088
12			0,036	0,022

Длительно допустимые токи для проводов и кабелей с алюминиевыми и медными жилами

Таблица 1 – Длительно допустимый ток $I_{д}$ для проводов и кабелей на напряжение до 1 кВ с алюминиевыми жилами при окружающей температуре воздуха 25°C и земли 15°C

Группа проводов	Характерная марка	Способ прокладки	Число проводов (жил)	Ток $I_{д}$, А, проводов (кабелей) сечением, мм ² , равным												
				2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
Провода с резиновой и пластмассовой изоляцией	АПР, АПРТО, АПРВ, АПВ	Открыто	Любое	24	32	39	60	75	105	130	165	210	255	295	340	390
			2	20	28	36	50	60	85	100	140	175	215	245	275	-
			3	19	28	32	47	60	80	95	130	165	200	220	255	-
		В стальных трубах	4	19	23	30	39	55	70	85	120	140	175	200	-	-
			5-6	15	22	26	38	48	65	75	105	130	-	-	-	-
			7-9	14	21	24	35	45	60	70	95	125	-	-	-	-
Кабели и провода с резиновой и пластмассовой изоляцией	АВРГ, АНРГ, АВВГ, АВРБГ, АНРБГ, АВВБГ, АПРФ	В воздухе	2	21	29	38	55	70	90	105	135	165	200	230	270	310
			3	19	27	32	42	60	75	90	110	140	170	200	235	270
			4	17	24	29	38	54	68	81	100	125	153	190	212	243
	АВВБ, АНРБ, АВВБ	В земле	2	34	42	55	80	105	135	160	205	245	295	340	390	440
			3	29	38	46	70	90	115	140	175	210	255	295	335	385
			4	26	35	42	63	81	104	126	158	190	230	266	302	347
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией	ААГ, АГС, ААБГ, АСБГ	В воздухе	2	23	31	42	55	75	100	115	140	175	210	245	290	-
			3	22	29	35	46	60	80	95	120	155	190	220	255	290
			4	-	27	35	45	60	75	95	110	140	165	200	230	260
	ААБ, АСБ	В земле	2	35	46	60	80	110	140	175	210	250	290	335	385	-
			3	31	42	55	75	90	125	145	180	220	260	300	335	380
			4	-	38	46	65	90	115	135	165	200	240	270	305	345
Голый провод*	А	Открыто	Любое	-	-	-	-	<u>105</u> 75	<u>135</u> 105	<u>170</u> 130	<u>215</u> 165	<u>265</u> 210	<u>320</u> 255	<u>375</u> 300	<u>440</u> 355	<u>500</u> 410

*В числителе – ток $I_{д}$ для прокладки провода вне помещений, в знаменателе – в помещениях.

Таблица 2 – Длительно допустимый ток I_d для проводов и кабелей на напряжение до 1 кВ с медными жилами при окружающей температуре воздуха 25°C и земли 15°C

Группа проводников	Способ прокладки	Число проводов (жил)	Ток I_d , А, проводов (кабелей) сечением, мм ² , равным												
			1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией	Открыто	Любое	23	30	41	50	80	100	140	170	215	270	330	385	440
		2	19	27	38	46	70	85	115	135	185	225	275	315	360
	В стальных трубах	3	17	25	35	42	60	80	100	125	170	210	255	290	330
		4	16	25	30	40	50	75	90	115	150	185	225	260	300
		5-6	15	20	28	34	48	64	80	100	135	165	-	-	-
7-9	14	19	26	31	45	60	75	95	125	155	-	-	-		
Кабели и провода с резиновой и пластмассовой изоляцией	В воздухе	2	19	27	38	50	70	90	115	140	175	215	260	300	350
		3	19	25	35	42	55	75	95	120	145	180	220	260	305
		4	17	22	31	38	50	68	85	108	130	162	200	234	275
	В земле	2	33	44	55	70	105	135	175	210	265	320	385	445	505
		3	27	38	49	60	90	115	150	180	225	275	330	385	435
		4	24	34	44	54	81	103	135	162	202	247	300	347	392
Шланговые кабели	Открыто	2	23	33	43	55	75	95	125	150	185	235	-	-	-
		3	20	28	36	45	60	80	105	130	160	200	-	-	-
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией	В воздухе	2	-	30	40	55	75	95	130	150	185	225	275	320	375
		3	-	28	37	45	60	80	105	125	155	200	245	285	330
		4	-	-	35	45	60	80	100	120	145	185	215	260	300
	В земле	2	-	45	60	80	105	140	185	225	270	325	380	435	500
		3	-	40	55	70	95	120	160	190	235	285	340	390	435
		4	-	-	50	60	85	115	150	175	215	265	310	350	395
Голый провод*	Открыто	Любое	-	-	<u>50</u>	<u>70</u>	<u>95</u>	<u>130</u>	<u>180</u>	<u>220</u>	<u>270</u>	<u>340</u>	<u>415</u>	<u>485</u>	<u>570</u>
					25	35	60	100	135	170	215	270	335	395	465

*В числителе – ток I_d для прокладки провода вне помещений, в знаменателе – в помещениях.

Пример расчета потерь напряжения

Пример. Определить наибольшие потери напряжения в разветвленной двухпроводной линии напряжением 220 В, выполненной алюминиевыми проводами. Схема сети нагрузки (кВт), длина участков (М), сечения – в кружках (мм²) приведены на рисунке.

Решение. Потери напряжения определяются по формуле:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sum M}{CS}.$$

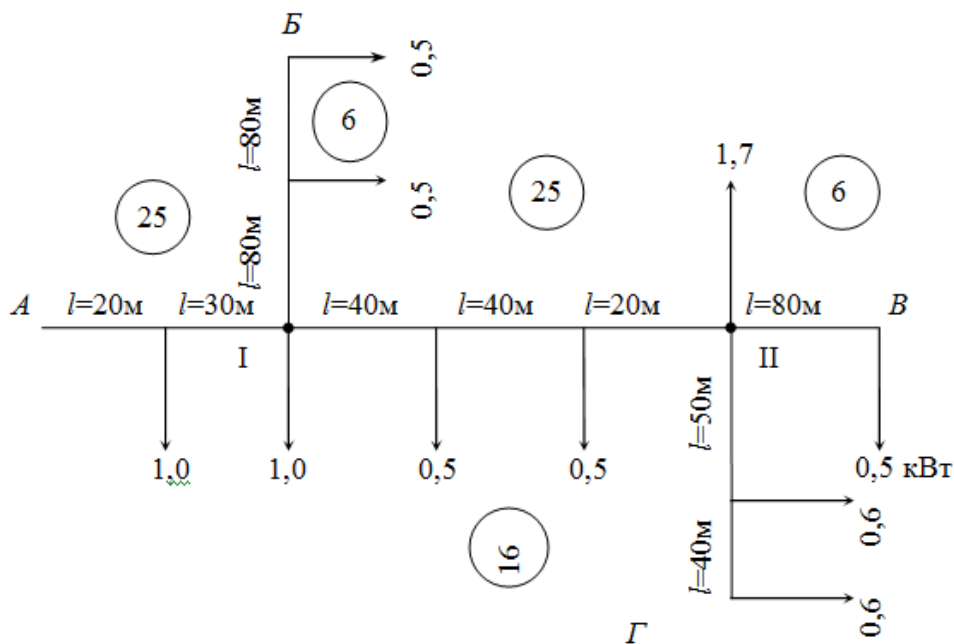


Рисунок – К примеру расчета потерь напряжения

Значение коэффициента $c=7,74$ (приложение 13).

На участке А – I

$$\Delta U_{A-I} = \frac{1 \cdot 120 + 1 \cdot 50}{7,74 \cdot 25} = 0,36\%.$$

На участке I – II

$$\Delta U_{I-II} = \frac{0,5 \cdot 40 + 0,5 \cdot 80 + 1,7 \cdot 100}{7,74 \cdot 25} = 1,19\%.$$

На участке I – Б

$$\Delta U_{I-B} = \frac{0,5 \cdot 80 + 0,5 \cdot 160}{7,74 \cdot 6} = 2,58\%.$$

На участке II – В

$$\Delta U_{II-B} = \frac{0,5 \cdot 80}{7,74 \cdot 6} = 0,86\%.$$

На участке II – Г

$$\Delta U_{II-Г} = \frac{0,6 \cdot 50 + 0,6 \cdot 90}{7,74 \cdot 16} = 0,68\%$$

Потери напряжения до точки Б

$$\Delta U_{A-B} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-B} = 0,36 + 2,58 = 2,94\%$$

Потери напряжения до точки В

$$\Delta U_{A-B} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-II} + \Delta U_{II-B} = 0,36 + 1,19 + 0,86 = 2,41\%$$

Потери напряжения до точки Г

$$\Delta U_{A-Г} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-II} + \Delta U_{II-Г} = 0,36 + 1,19 + 0,68 = 2,23\%$$

Наибольшие потери напряжения в сети имеют место до точки Б.

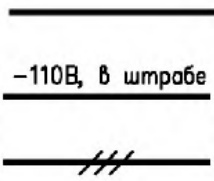
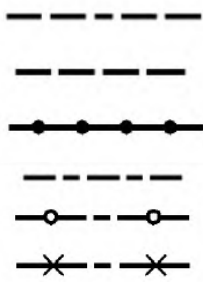
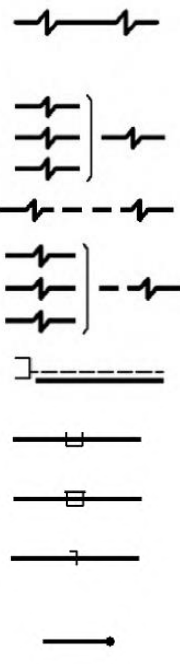
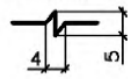

Приложение 16

Технические данные автоматических выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Число полюсов	Тип расцепителя	Номинальный ток расцепителя	Коммутационная способность контактов, кА
ВА14-26-14	32	1	Тепловой, электромагнитный	6; 8; 10; 16; 20; 25; 32	1,5
ВА14-26-34	32	3	То же	6; 8; 10; 16; 20; 25; 32	1,5
ВА16-25-14	25	1	То же	6,3; 10; 16; 20; 25	0,9
ВА51-31-1	31...100	1	То же	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25;	-
ВА51-31-3	31...100	3	То же	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	
АЕ1000	25	1	Комбинированный	16,25	
А3715	63	2	Тепловой, электромагнитный	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
А3716	63	3	Тепловой, электромагнитный	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
А63	63	1	Комбинированный, электромагнитный	0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
А63	63	2		0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
А63	63	3		0,6; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	
АЕ2034	25	1	Тепловой	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	
АЕ2036	25	3	Тепловой	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	
АЕ2044	63	1	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	
АЕ2046	63	3	Электромагнитный	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	

Условные графические обозначения электрооборудования и проводок на планах

Таблица 1 – Условные графические изображения линий проводок и токопроводов

Наименование	Обозначение	Размер, мм
<p>1 Линия проводки.</p> <p>а) общее изображение</p> <p>б) линия проводки с указанием сведений (о роде тока, напряжении, материале, способе прокладки, отметке и т.п.)</p> <p>в) линия проводки с указанием количества проводников</p> <p>Примечание – Количество проводников указывают засечками. При необходимости, цифрами, если количество засечек более трех</p>		<p>Толщина 1,0</p> <p>То же</p> <p>»</p>
<p>1.1 Линия цепей управления</p> <p>1.2 Линия сети аварийного, эвакуационного и охранного освещения</p> <p>1.3 Линия напряжения 36 В и ниже</p> <p>1.4 Линия заземления и зануления</p> <p>1.5 Заземлители</p> <p>1.6 металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления</p>		<p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p>
<p>2. Прокладка проводов и кабелей</p> <p>2.1 открытая прокладка одного проводника</p> <p>2.2 открытая прокладка нескольких проводников</p> <p>2.3 открытая прокладка одного проводника под перекрытием</p> <p>2.4 открытая прокладка нескольких проводников под перекрытием</p> <p>2.5 прокладка на тресе и его концевое крепление</p> <p>2.6 Проводка в лотке</p> <p>2.7 Проводка в коробе</p> <p>2.8 Проводка под плинтусом</p> <p>2.9 Конец проводки кабеля</p>		<p>Толщина 1,0</p>  <p>То же</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> 

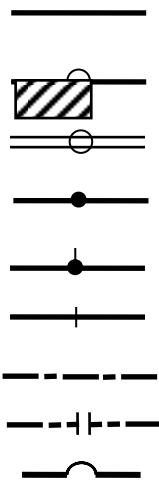











<p>5 Прокладка шин и шинопроводов.</p> <p>5.1 общее изображение</p> <p>5.2 шина, проложенная на изоляторах</p> <p>5.3 пакет шин, проложенных на изоляторах</p> <p>5.4 шины или шинопровод на стойках</p> <p>5.5 то же, на подвесах</p> <p>5.6 то же, на кронштейнах</p> <p>5.7 троллейная линия</p> <p>5.8 секционирование троллейной линии</p> <p>5.9 компенсатор шинный, троллейный</p> <p>Примечание – Изображение места крепления шинопровода по пп. 5.1-5.5 должно соответствовать его проектному положению.</p>		<p>Толщина 2,0</p>  <p>Толщина 1,0</p>  <p>Тоже</p>   
---	---	---












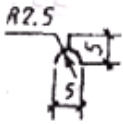



Таблица 2 – Условные графические изображения коробок, щитков, ящика с аппаратурой, ящика управления, шкафов, щитов, пультов, понижающего трансформатора малой мощности














Наименование	Изображение	Размер, мм
1 Коробка ответвительная		
2 Коробка вводная		
3 Коробка протяжная, ящик протяжной		То же
4 Коробка, ящик с зажимами		
5. Шкаф распределительный		
6. Щиток групповой рабочего освещения		То же
7. Щиток групповой аварийного освещения		То же
8 Щиток лабораторный		»
9 Ящик с аппаратурой		
10 Ящик управления		То же
11 Шкаф, панель, пульт, щиток одностороннего обслуживания, пост местного управления		То же








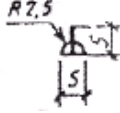
12 Шкаф, панель двустороннего обслуживания		То же
13 Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания Примечание – Изображен щит, состоящий из четырех шкафов		»
14 Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двустороннего обслуживания Примечание – Изображен щит, состоящий из пяти шкафов		»
15 Щит открытый Примечание – Изображен щит, состоящий из четырех шкафов		»
16 Трансформатор понижающий малой мощности		

Таблица 3 – Условные графические изображения выключателей, переключателей и штепсельных розеток

Наименование	Изображение	Размер, мм
1	2	3
1 Выключатель. Общее изображение		
2 Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
а) однополюсный		То же
б) однополюсный сдвоенный		»
в) строенный		»
г) двухполюсный		»
д) трехполюсный		»
3 Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:		
а) однополюсный		
б) однополюсный сдвоенный		
в) однополюсный строенный		То же

1	2	3
<p>г) двухполюсный</p>		<p>»</p>
<p>4 Выключатель для открытой установки со степенью защиты не ниже IP44:</p>		
<p>а) однополюсный</p>		<p>»</p>
<p>б) двухполюсный</p>		<p>»</p>
<p>в) трехполюсный</p>		<p>»</p>
<p>5 Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23:</p>		
<p>а) однополюсный</p>		<p>»</p>
<p>б) двухполюсный</p>		<p>»</p>
<p>в) трехполюсный</p>		<p>»</p>
<p>6 Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55:</p>		
<p>а) однополюсный</p>		<p>»</p>
<p>б) двухполюсный</p>		<p>»</p>
<p>в) трехполюсный</p>		<p>»</p>
<p>7 Штепсельная розетка. Общее изображение</p>		
<p>8 Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 по IP23:</p>		
<p>а) двухполюсная</p>		<p>То же</p>
<p>б) двухполюсная сдвоенная</p>		<p>»</p>
<p>в) двухполюсная с защитным контактом</p>		<p>»</p>

1	2	3
<p>г) трехполюсная с защитным контактом</p>		»
<p>д) блок из нескольких компьютерных розеток</p>		»
<p>Примечание – Изображен блок, состоящий из четырех компьютерных двухполюсных с защитным контактом розеток</p>		»
<p>е) блок из нескольких бытовых розеток</p>		
<p>Примечание – Изображен блок, состоящий из трех бытовых двухполюсных с защитным контактом розеток</p>		
<p>9 Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:</p>		
<p>а) двухполюсная</p>		»
<p>б) двухполюсная сдвоенная</p>		»
<p>в) двухполюсная с защитным контактом</p>		»
<p>г) трехполюсная с защитным контактом</p>		
<p>д) блок из нескольких компьютерных розеток</p>		»
<p>Примечание – Изображен блок, состоящие из четырех компьютерных двухполюсных с защитным контактом розеток</p>		»
<p>е) блок из нескольких бытовых розеток</p>		
<p>Примечание – Изображен блок, состоящий из трех бытовых двухполюсных с защитным контактом розеток</p>		
<p>10 Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55:</p>		
<p>а) двухполюсная</p>		»
<p>б) двухполюсная с защитным контактом</p>		»
<p>в) трехполюсная с защитным контактом</p>		»
<p>г) блок из нескольких компьютерных розеток</p>		»
<p>Примечание – Изображен блок, состоящий из четырех компьютерных двухполюсных с защитным контактом розеток</p>		

<p>д) блок из нескольких бытовых розеток</p> <p>Примечание – Изображен блок, состоящий из трех бытовых двухполюсных с защитным контактом розеток</p> <p>11 Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 по IP23:</p> <p>а) один выключатель и штепсельная розетка</p> <p>б) два выключателя и штепсельная розетка</p> <p>в) три выключателя и штепсельная розетка</p> <p>12 Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:</p> <p>а) один выключатель и штепсельная розетка</p> <p>б) два выключателя и штепсельная розетка</p> <p>в) три выключателя и штепсельная розетка</p>	      	<p>»</p>  <p>То же</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p> <p>»</p>
---	--	---

Условные графические изображения светильников и прожекторов

Таблица 4 – Условные графические обозначения светильников и прожекторов при отдельном изображении на плане оборудования и электрических сетей

Наименование	Изображение
1. Светильник с лампой накаливания, галогенной лампой накаливания	○
2. Светильник с компактными люминесцентными лампами	⊖
3. Светильник светодиодный, формы отличной от линейной	⊖
4. Светильник с линейными люминесцентными лампами Примечание – Допускается светильник с линейными люминесцентными лампами изображать в масштабе чертежа	▬
5. Светильник линейный светодиодный Примечание – Допускается светильник линейный светодиодный изображать в масштабе чертежа	▬

6. Светильник с разрядной лампой высокого давления	
7. Прожектор. Общее обозначение	
8. Светильник для аварийного освещения. Пример	
9. Светильник для специального освещения (световой указатель). Общее обозначение	

Таблица 5 – Условные графические обозначения светильников и прожекторов при совмещенном изображении на плане оборудования и электрических сетей

Наименование	Изображение	Размер, мм
1. Светильник с лампой накаливания, галогенной лампой накаливания		
2. Светильник с компактными люминесцентными лампами		
3. Светильник светодиодный, формы отличной от линейной		
4. Светильник с линейными люминесцентными лампами Примечание – Допускается светильник с люминесцентными лампами изобразить в масштабе чертежа		
5. Светильники с линейными люминесцентными лампами, установленные в линию		
6. Светильник линейный светодиодный Примечание – Допускается светильник линейный светодиодный изобразить в масштабе чертежа		
7. Светильники линейные светодиодные, установленные в линию		
8. Светильник с разрядной лампой высокого давления		
9. Люстра		То же
10. Светильник-световод щелевой		
11. Прожектор. Общее изображение		
12. Группа прожекторов с направлением оптической оси в одну сторону		
13. Группа прожекторов с направлением оптической оси во все стороны		
Примечание – Направление проекций осевых лучей прожекторов указывают при конкретном проектировании		
14. Светофор сигнальный (на три лампы)		
15. Патрон ламповый:		
а) стенной		
б) подвесной		
в) потолочный		То же

План сети освещения

План сети освещения составлен для пяти помещений, имеющих номера 1 – 5; эти номера заключены в концентрические окружности. На плане видны групповые щитки 8 рабочего и 7 аварийного освещения [9].

Надписи у щитков показывают их номера по плану (1 и 1а), установленные мощности (мощность питающихся от щитков электроприемников) – 8,3 и 0,6 кВт соответственно, потери напряжения (1,5 и 4,2 %) и типы щитков, условно обозначенные ОЩВ - 6.

Групповой щиток 8 питается по линии 17, которая приходит снизу, поднимается на уровень ферм и далее до щитка проложена по изоляторам по фермам. Надпись у линии расшифровывается следующим образом: маркировка линии С5, расчетная мощность 10,7 кВт, коэффициент мощности 1, расчетный ток 22 А, длина участка 35 м, момент 770 А·М, потеря напряжения 1,4 %. Провода АПР 3(1×10)+1×6 проложены по фермам на изоляторах (И).

От щитка 8 отходят групповые линии № 1 – 7.

В группу № 1 входят светильники с люминесцентными лампами рабочего освещения помещений 1,4 и 5, а именно: 15 – встроенные светильники; 16 – линия из шести (6) светильников типа ЛСП, в каждом из которых две лампы (2) мощностью по 40 Вт; 18 – потолочные; 20 – подвесные светильники.

Светильники 15 и линия 16 управляются переключателем 14, с помощью которого можно включить либо оба светильника 15, либо линию 16, либо все светильники рабочего освещения. Четыре светильника 18 имеют общий однополюсный выключатель 12. Светильники 20 управляются переключателем 22, который дает возможность включить либо один (I), либо второй (II), либо два светильника одновременно.

В группы № 2 и 3 входят по пять светильников 5 с лампами накаливания для рабочего освещения помещения 2. В каждом светильнике лампа мощностью 500 Вт (числитель), высота подвеса 7 метров (знаменатель). У последнего в группе светильника указана потеря напряжения $U=1,3\%$.

Вначале, там, где линии идут рядом, провода АПР-4 (марка АПР, сечение 4 мм²) обеих линий проложены в общей стальной трубе Т диаметром 25 мм. Далее проводка выполнена на изоляторах (И).

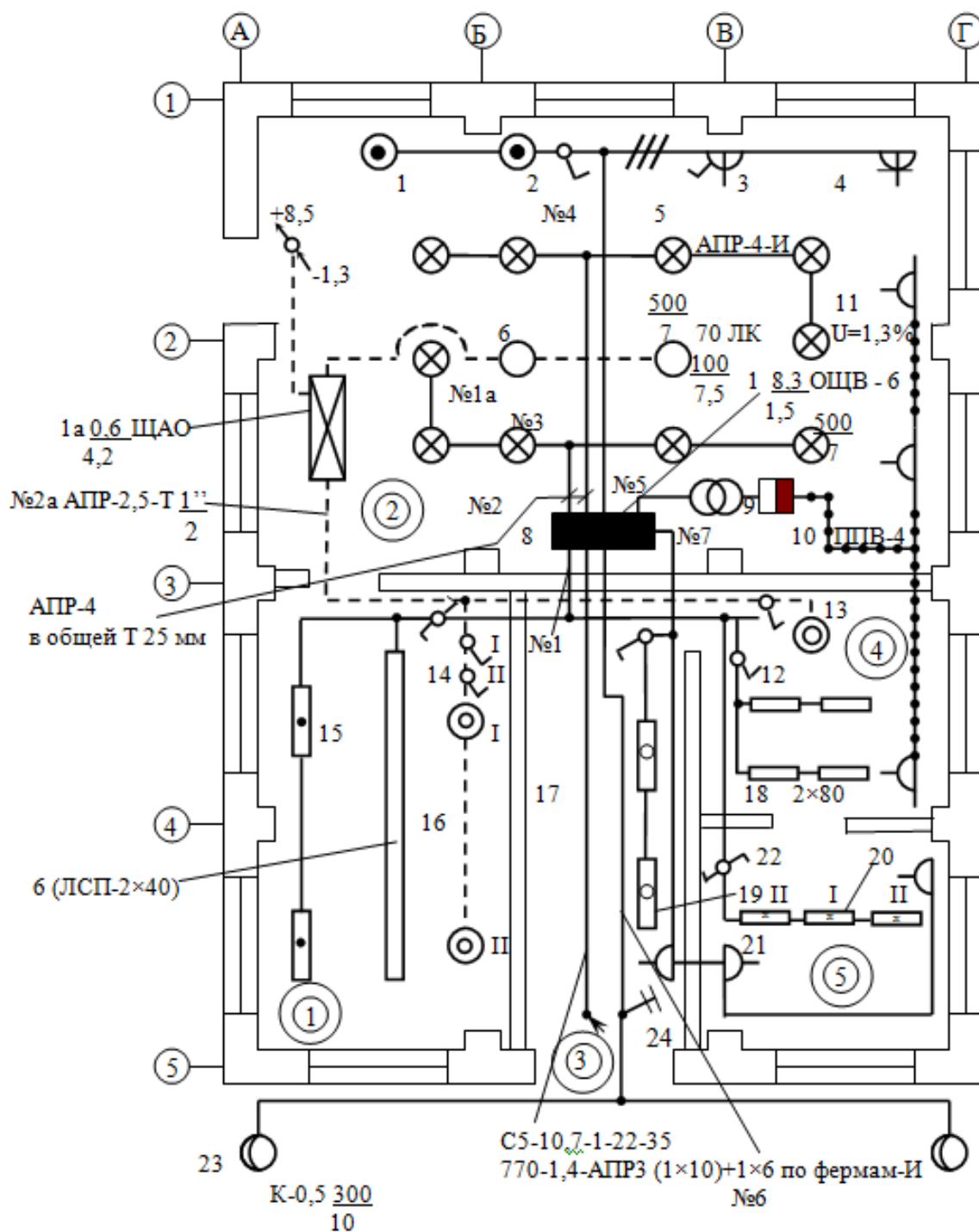


Рисунок – План расположения сети освещения

Группа № 4 питает: штепсельные розетки 4 с защитным (заземляющим или зануляющим) контактом и 3 с выключателем, а также два встроенных светильника 1 с лампами накаливания и общим вы-

ключателем 2. Штепсельные розетки 3 и 4 предназначены для скрытой установки.

Группа № 5 питает штепсельные розетки 11 на напряжение 42 В. Розетки включены в линию 10 через понижающий трансформатор 9, которая защищена автоматическим выключателем.

Группа № 6 питает наружное освещение, выполненное двумя светильниками 23 лампами ДРЛ. Светильники установлены на кронштейнах с вылетом 0,5 м (К-0,5). Мощность лампы 300 Вт (числитель), высота установки 10 м (знаменатель). Выключатель 24 двухполюсный со степенью защиты IP 44 для скрытой установки.

Группа № 7 предназначена для штепсельных розеток 21 в помещениях 3 и 5 и для питания встроенных светильников 19 с люминесцентными лампами в помещении 3.

Аварийное освещение разделено на две группы № 1а и 2а. Группа № 1а предназначена для помещения 2. Она питает потолочные светильники 6. Мощность лампы в каждом из них 100 Вт, расположены светильники на высоте 7,5 м. Группа № 2а предназначена для настенных светильников 13 в помещениях 1 и 4.

Щиток 7 аварийного освещения питает линия, которая приходит снизу с отметки $-1,3$ и уходит вверх на отметку $+8,5$.

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»
Ачинский филиал

Кафедра «Агроинженерии»

Курсовая работа по светотехнике

Расчет системы освещения
коровника боксового без дойки в стойлах

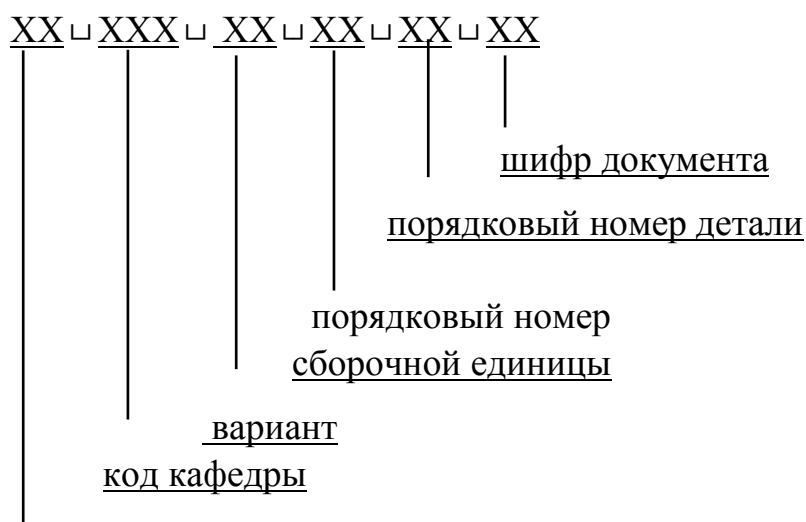
02.(шифр кафедры).(номер варианта).(год выполнения) ПЗ

Выполнил студент Самойлов М.В.
Группа 4к7с
Принял преподаватель Долгих П.П.

Ачинск 2016

Обозначение документа (обязательное)

Структурное обозначение документа в основной надписи:



код документа (01–выпускная квалификационная работа (бакалавра, специалиста, магистра); 02 – курсовая работа (проект))

Примеры заполнения обозначения документа основной надписи (графы 2 или 1) в пояснительной записке:

01.ЗУЗ.03.ПЗ.

01 – выпускная квалификационная работа; **ЗУЗ** – кафедра «Земельного кадастра и объектов недвижимости» Код кафедры находят по кодификатору кафедр университета (приложение Н); **03** – третий вариант. Для выпускной квалификационной работы – порядковый номер в приказе об утверждении тем, для курсового проекта – вариант проекта, работы или номера зачетной книжки; **ПЗ** – вид документа – пояснительная записка. Перечень общепринятых кодов документов приведен в приложении 21.

02.M01.14.01.04.СБ

02 – курсовая работа (проект); **M01** – код кафедры безопасности жизнедеятельности; **14** – вариант; **01** – порядковый номер сборочной единицы; **04** – порядковый номер детали сборочной единицы; **СБ** – сборочный чертеж.

Перечень общепринятых кодов документов

ВО	чертеж общего вида	И	инструкции
СБ	сборочный чертеж	Д	прочие документы
ТЧ	теоретический чертеж	АИ	интерьеры
ГЧ	габаритный чертеж	ЭС	электроснабжение
МЭ	электромонтажный чертеж	ТО	техническое описание
МЧ	монтажный чертеж	ТУ	технические условия
АР	архитектурное решение	ПЗ	пояснительная записка
ГП	генеральный план	ТБ	таблица
КЖ	конструкции железобетонные	ПМ	программа и методика испытаний
КМ	конструкции металлические	РР	расчеты
ОВ	отопление и вентиляция	ПФ	патентный формуляр
ВК	внутренний водопровод и канализация	АЗ	антикоррозионная защита конструкций
НВК	наружные сети водоснабжения и канализации	ТХ	технология производства

При обозначении схем следует руководствоваться их классификацией по виду и назначению (ГОСТ 2.701-81).

Виды схем		Типы схем	
Э	электрические	1	структурные
Г	гидравлические	2	функциональные
П	пневматические	3	принципиальные (полные)
Х	газовые (кроме пневматических)	4	соединений (монтажные)
К	кинематические	5	подключения
В	вакуумные	6	общие
Л	оптические	7	расположения
Р	энергетические	0	объединенные
Е	деления		
С	комбинированные		

Например, схема электрическая принципиальная – Э3; схема гидравлическая соединений – Г4.

Экспликация помещений (по ГОСТ 21.501-2011)

Номер помещения	Наименование	Площадь, м ²	Кат. помещения
15	80	20	10

В экспликации помещений указывают:

– в графе «Номер помещения» - номер помещения. Для нежилых зданий (административных, бытовых, общественных, производственных), имеющих более одного этажа, нумерацию помещений рекомендуется указывать трехзначными или четырехзначными цифрами, состоящими из номера этажа и порядкового номера помещения в пределах этажа.

Пример – 101, 102, 1111, 1112;

– в графе «Наименование» - наименование помещения (технологического участка);

– в графе «Площадь, м²» - площадь помещения;

– в графе «Кат. помещения» - категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности. Категорию указывают для всех типов помещений производственных зданий и для помещений общественных зданий, в которых предусматривается нахождение горючих веществ и материалов.

Список использованных источников

1. Типовой проект 801-2-60.85. Коровник на 200 коров привязного содержания с утилизацией тепла (рамный каркас). Альбом I. Общая пояснительная записка и чертежи. УКРНИИГИПРОСЕЛЬХОЗ. – МСХ УССР. – 1985.
2. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров – 2-е изд., перераб и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 448 с.
3. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1995.
4. Свод правил СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. М.: ОАО «ЦПП», 2012. – 70 с.
5. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение / В.А. Козинский // Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.
6. ОСН-АПК 2.10.24.001-04. Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений. Изд-во ФГНУ НПЦ Гипроисельхоз. – М.: 2004 – 35 с.
7. Долгих П.П. Лабораторный практикум и курсовое проектирование по освещению и облучению: Учеб. пособие / П.П. Долгих, Я.А. Кунгс, Н.В. Цугленок // Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2002. – 280 с.
8. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению / В.И. Баев // Учебное пособие для ВУЗов. – М.: КолосС, 2008. – 191 с.
9. Каминский Е.А. Практические приемы чтения схем электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 368 с.
10. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. унив. Изд-во, 2009. – 853 с.

**СВЕТОТЕХНИКА:
курсовая работа**

Учебное пособие

Составитель: Долгих Павел Павлович

Редактор:

Санитарно-эпидемиологическое заключение №24.49.04.953.П.000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать

Формат 60×84/16. Бумага тип. №1.

Офсетная печать. Объем 5,5 п.л. Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство

Красноярского государственного аграрного университета

660017, г. Красноярск, ул. Ленина, 117