

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 09:41:16

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba81860b0b0aa62

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

Содержание

№ п/п	Стр.
	Введение
1.	Цель и задачи изучения дисциплины
2.	Оборудование и материалы
3.	Наименование практических работ
4.	Содержание практических работ
4.1	Практическая работа №1. Электрические источники света (ИС). Светотехнические расчеты осветительных установок.
4.2	Практическая работа №2. Кривые силы света (КСС). Расчет прямой составляющей освещенности.
4.3.	Практическая работа №3. Расчет установок электрического освещения. Расчетные осветительные нагрузки.
4.4	Практическая работа №4. Электротехнический расчет уличного освещения. Энергосбережение в системах наружного освещения.
4.5	Практическая работа №5. Системы и виды освещения. Расчет качественных показателей осветительных установок.
5	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины
5.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
5.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины
	Приложение

Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Электрическое освещение» является формирование знаний в области светотехнических и электротехнических расчетов сетей освещения, устройств источников света и осветительных установок.

Задачей изучения дисциплины является подготовка студентов по направлению «Электроэнергетика и электротехника», применению знаний по расчету установок электрического освещения производственных, общественных и жилых объектов.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

3. Наименование практических работ

Для заочной формы обучения предусмотрены следующие практические работы: Практическая работа №1. Электрические источники света (ИС). Светотехнические расчеты осветительных установок – 2 часа; Практическая работа №4. Электротехнический расчет уличного освещения. Энергосбережение в системах наружного освещения – 2 часа.

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
3 семестр			
2	Практическая работа №1. Электрические источники света (ИС). Светотехнические расчеты осветительных установок. Приобрести навыки расчета светотехнических осветительных установок.	8	
3	Практическая работа №2. Кривые силы света (КСС). Расчет прямой составляющей освещенности. Приобрести навыки расчета прямой составляющей освещенности.	6	
5	Практическая работа №3. Расчет установок электрического освещения. Расчетные осветительные нагрузки. Приобрести навыки расчета осветительных нагрузок.	8	

7	Практическая работа №4. Электротехнический расчет уличного освещения. Энергосбережение в системах наружного освещения. Изучить методы энергосбережения в системах наружного освещения.	8	
9	Практическая работа №5. Системы и виды освещения. Расчет качественных показателей осветительных установок. Приобрести навыки расчета качественных показателей осветительных установок.	6	
	Итого за 3 семестр:	36	
	Итого:	36	

4. Содержание практических работ

Практическая работа №1. Электрические источники света (ИС). Светотехнические расчеты осветительных установок.

Цель: Приобрести навыки расчета светотехнических осветительных установок

Основы теории:

Проектирование осветительных установок (ОУ), являясь творческим процессом, подчиняется общим положениям принятым в СНиП 23-05-95, ВСН-59-88, СН-541-82. В общем случае различают следующие стадии проектирования:

- технико-экономическое обоснование (ТЭО); технический проект (ТП); рабочие чертежи (РЧ); техно-рабочий проект (ТРП).

Если проект освещения выполняется отдельно вне комплекса всей проектной документации, то, как правило, он должен содержать одну стадию – ТРП. В остальных случаях рекомендуется выполнять два этапа проектирования ТЭО и ТРП и только в очень сложных случаях – все четыре. На этапе ТЭО в краткой пояснительной записке излагают основные положения, определяют общую мощность и приводят сметно-финансовый расчет. Задача ТП – принятие основных решений и определение окончательной стоимости установки. В состав ТП входят:

- пояснительная записка;
- ведомость основных технических показателей;
- заявочная ведомость электрооборудования, кабельные изделия и основные материалы;
- план – схема внутренней питающей сети и план внешней сети;
- основные строительные задания, смета.

В ведомости основных технических показателей указывается площадь помещения, преимущественная освещенность, преимущественный тип светильников, удельная и установленная мощность, число светильников общего и местного освещения, число контактных разъемных соединений, преимущественный род проводки.

Заявочные ведомости составляются укрупнено по общим характеристикам изделий. Например, светильники для взрывоопасных помещений, провода изолированные сечением от – до. Смета составляется в полном объеме.

Однако для выполнения полноценного проекта освещения, надо знать о проектируемом объекте буквально все:

- детальную планировку здания по всем отметкам, включая разного рода площадки, подвалы, высоты помещений, особенности строительных конструкций, расположение технологического оборудования, вентиляции, водопровода, канализации и отопления, условия среды в помещениях, число рабочих и т.д.

Проектирование можно разделить на три части: светотехническую, электротехническую и составление схем и спецификаций. Однако для конкретного помещения все вопросы решаются комплексно, так, выбирая светильники и, размещая их, необходимо учитывать условие трассировки групповых сетей. В сетевой части начальным и ключевым является вопрос о размещении групповых щитков, затем komponуются и наносятся на план все виды сетей и производится расчет их сечений.

Задачей светотехнического расчета осветительных установок (ОУ) в зависимости от назначения и нормативных требований к ним является определение значения освещенности в характерных точках на горизонтально, вертикально или наклонно расположенных поверхностях (E_g , E_v , E_{nk}), среднего значения освещенности $E_{ср}$ или яркости L , а также контроль обеспечения качественных характеристик ОУ – цилиндрической освещенности E_c , коэффициента пульсации K_p , показателя ослепленности P или показателя дискомфорта M . При необходимости указанные величины определяются с учетом многократных отражений света.

В соответствии со СНиП 23-05-95 искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное:

- рабочее освещение – обеспечивает необходимое условие во всех помещениях при нормальных режимах ОУ;
- охрannое освещение – разновидность рабочего, устраивается по линии охраняемых границ территорий промышленных предприятий (0,5 лк на уровне земли);
- аварийное освещение – обеспечивает минимально необходимые осветительные условия для продолжения работы при временном погасании рабочего освещения в помещениях. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное:
 - эвакуационное освещение – служит для безопасной эвакуации людей из помещения при аварийном погасании рабочего освещения.
 - освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанные с этим нарушения обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное нарушение технологического процесса, а также нарушение работы электрических станций, радиоузлов, телестудий, диспетчерских пунктов, насосных установок, вентиляционных камер помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п.

Искусственное освещение может быть двух систем – общее освещение и комбинированное освещение. При выполнении в помещениях зрительных работ I – III, IVa, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при разрядных лампах, не менее 75 лк при лампах накаливания. Отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать для зрительных работ I – III разрядов при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света – 1,5, для зрительных работ разрядов IV – VII - 1,5 и 2,0 соответственно.

При выборе источников света руководствуются следующими соображениями:

- 1) Применять по возможности лампы наибольшей единичной мощности, не нарушая при этом нормальных требований к качеству освещения и отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.
- 2) Для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно газоразрядные лампы (ГЛ).
- 3) При технической необходимости допускается применять в одном помещении лампы накаливания и газоразрядные лампы (ГЛ).
- 4) Не допускается питание газоразрядных ламп постоянным и переменным током при его возможном снижении ниже уровня 90 % от номинального.
- 5) Для общего внутреннего и наружного освещения могут применяться лампы накаливания (ЛН) (в том числе галогенные ГЛН) и газоразрядные лампы: низкого давления – люминесцентные (ЛЛ), и высокого давления ГЛВД (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ).
- 6) Лампы накаливания следует применять для общего внутреннего освещения:
 - в производственных помещениях, где производятся работы VI и VIII разрядов;
 - для технологических площадок, мостиков, переходов, площадок обслуживания крупного оборудования;
 - в помещениях с тяжелыми условиями среды при отсутствии предназначенных для данных условий осветительных приборов (ОП) с газоразрядными лампами (ГЛ);
 - в помещениях вспомогательных, бытовых и для временного пребывания людей;

- для аварийного и эвакуационного освещения в помещениях, освещаемых газоразрядными лампами высокого давления.

Для местного освещения допускается применять лампы накаливания в светильниках с непросвечивающими отражателями в следующих случаях:

- при отсутствии требований к правильной цветопередаче;
- в случае необходимости определенного и переменного направления света и при технической невозможности установки осветительных приборов с люминесцентными лампами.

- Люминесцентные лампы (ЛЛ) рекомендуется применять:
- в помещениях, где требуется правильная цветопередача;
- в административно-конторских и лабораторных помещениях.
- Для жарких помещений рекомендуются амальгамные ЛЛ.

Газоразрядные лампы (ГЛ) всех типов, за исключением ксеноновых, рекомендуются:

- для внутреннего освещения, (как правило, обязательны для системы одного общего освещения в помещениях, где выполняются зрительные работы I÷V и VII разрядов):

- о для общего освещения в системе комбинированного;
- о в помещениях без или недостаточным естественным светом;
- о предназначенных для постоянного пребывания людей.

Выбор типа ГЛ (ЛЛ, ДТЛ, ДРИ, ДНаТ) проводится в зависимости от назначения помещения, его высоты, характера выполняемой зрительных работ и др.

В наружном освещении (НО) используются:

- ЛН для охранного освещения; у входов в зданиях; прожекторных установках (наряду с ГЛВД); для архитектурно-декоративного освещения;
- ДРЛ и ДНаТ для освещения территорий промышленных предприятий, улиц, площадей, скверов, парков;
- ДРИ в прожекторных установках разного назначения;
- ДКсТ при освещении больших открытых пространств.

Рекомендуемые цветовые параметры и примерные типы источников света (ИС) в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче приведены в табл.1. Рекомендации по выбору ГЛ для освещения производственных помещений (при отсутствии специальных требований к цветопередаче) приведены в табл.2. Характеристики

смешанного освещения лампами ДНаТ+ДРЛ и ДНаТ+ДРИ, обеспечивающего комфортность смешанного освещения не меньшую чем в ОУ с лампами типа ДРЛ, приведены в табл.3. Номенклатура современных ИС проведена в приложении 1.

Таблица 1

Характеристика зрительной работы	Освещенность при общем освещении, лк	Индекс цветопередачи R_a для зданий, не менее	Цветовая температура $T_{цв}$, К	Тип источника света
1	2	3	4	5
1. Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению	≥ 300	90	5000÷6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, ЛХЕ, ЛЕЦ
2. Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению	≥ 300	85	4000÷6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, ЛХЕ, ЛЕ
3. Различение цветных объектов для контроля и сопоставления (сборка радиоаппаратуры т.п.)	≥ 300 и более	50	3500÷6500	ЛБ, ДРИ, ЛХБ,
	150÷300	50	3000÷4500	ЛБ, ЛХБ
4. Работа с ахроматическими объектами (механическая обработка металлов пластмасс, сборка машин и инструментов и др.)	≥ 300 и более	45	2700÷3500	ДНаТ+ДРИ ЛБ, ЛН, КГ, ДНаТ+ДРИ
	150÷300	30	3000÷4500	ЛБ, ДРИ, ЛХБ, ЛБ, ДРИ, ДРЛ, ЛХБ, ДНаТ+ДРИ
	<150	25	2100÷3500	ЛБ, ДРЛ, ЛХБ, ДНаТ+ДРИ ЛБ, ДНаТ, ЛТБ, ЛН, КГ, ДНаТ+ДРИ

Таблица 2

Тип лампы	Система освещения	Характеристика зрительных работ по СНиП 23-05-95					Строительный модуль, м				
		Разряд работы	Освещенность, лк	Коэффициент пульсации	Показатель неравномерности	Показатель ослепленности, Р	6×6	6×12	6×8	6×4	12×18
							Высота установок светильника, м				
ЛЛ	Общее	I, II	300÷1500	10	1,5	20	<4,4	<5,4	<6,0	<6,0	<9,6
		III	200÷500	15	1,5	40	<3,6	<4,8	<4,8	<6,0	<7,2
		IV÷VII	100÷300	20	1,8	40,60	<7,2	<3,6	<6,0	<5,4	<5,4

	Общее в системе комбинированного	I÷III, IV, V	150÷500 150	20 20	1,5 1,8	20,40 40	<3,2 <7,2	<3,6 <3,6	<4,8 <6,0	<5,4 <5,4	<6,0 <5,4
ДРИ	Общее	I	300÷1500	10	2,0	20	4,5÷7,2	5,5÷8,4	6,1÷8,4	6,1÷9,6	9,7÷14,4
		II, III,	200÷500	15	2,0	40	3,7÷6,0	4,9÷6,0	4,9÷6,0	6,1÷9,5	7,3÷10,8
		IV÷VII	100÷300	20	3,0	40,60	-	3,7÷6,0	6,1÷7,2	5,5÷6,0	3,5÷10,8
	Общее в системе комбинированного	I÷III IV, V	150÷500 150	20 20	2,0 3,0	20,40 40	3,3÷5,4 -	3,7÷6,0 3,7÷6,0	4,9÷6,0 6,1÷7,2	5,5÷7,2 5,5÷6,0	6,1÷10,8 6,1÷10,8
ДРЛ	Общее	I, II,	300÷1500	10	2,0	20	≥7,3	≥8,5	≥8,5	≥9,7	≥14,5
		III,	200÷500	15	2,0	40	≥6,1	≥6,1	≥6,1	≥9,6	≥10,9
		IV÷VII	100÷300	20	3,0	40,60	≥7,3	≥6,1	≥7,3	≥6,1	≥10,9
	Общее в системе комбинированного	I÷III IV, V	150÷500 150	20 20	2,0 3,0	20,40 40	≥5,5 ≥7,3	≥6,1 ≥6,1	≥7,3 ≥7,3	≥7,3 ≥6,1	≥10,9 ≥10,9

Таблица 3

Тип ИС в ОУ смешанного освещения	Рекомендуемые ряды зрительной работы по СНиП 23-05-95	Характеристика смешанного освещения			
		Соотношение световых потоков (Φ1:Φ2), % ΦΣ	Соотношение мощностей (P1:P2), % PΣ	T _{цв} , К	R _a
ДРЛ+ДНаТ	IIIб, IIIв, IVа, IIIг, IVб и ниже	100:0-75:25 75:25-50:50	100:0-86:14 86:14-67:33	3450 300	37 34
ДРИ+ДНаТ	IIIб, IIIв, IVа IIIг, IVб и ниже	100:0-55:45 55:45-38:62	100:0-62:38 62:38-45:55	3500 3100	48 44

Проектирование осветительных установок (ОУ) регламентировано СНиП 23-05-95, отраслевыми нормами искусственного освещения, инструкциями по проектированию, а также ПУЭ и некоторыми другими нормативными документами.

Нормируемые значения освещенности в СНиП 23-05-95 приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещения для разрядных источников света (кроме оговоренных случаев); для наружного освещения – для любых источников света.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающихся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

К условиям, требующим повышения уровня освещенности, найденного по СНиП, относятся: повышенная длительность напряженной зрительной работы в течение рабочего дня, большое удаление объекта от глаз наблюдателя (более 0,5 м), отсутствие естественного освещения и т.д. Снижение освещенности на одну ступень возможно в случае малолюдного производства с оборудованием не требующем постоянного обслуживания или в помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий следует принимать по табл.1 СНиП 23-05-95, а требования к нормам средней яркости усовершенствованных покрытий при проектировании наружного освещения по табл.11 СНиП 23-05-95. Коэффициент запаса K_z при проектировании естественного, искусственного и совмещенного освещения выбирается по табл.3. Упомянутые таблицы приведены в приложении 2.

Выбор типа светильников следует производить с учетом характера их светораспределения, экономической эффективности и условий окружающей среды. Это означает, что ОП должны соответствовать типу лампы; конкретной светотехнической функции (общего, местного или комбинированного освещения); форме фотометрического тела, классу светораспределения и типу КСС; возможности перемещения при эксплуатации (стационарные и переносные); способу установки; классу защиты от поражения электрическим током и степени защиты от пыли и воды; исполнению для работы в определенных условиях эксплуатации; способу питания ламп; возможность изменения светотехнических характеристик и т.д.

Условия окружающей среды, соответствующие помещения и зоны приводятся ниже:

Пожароопасные помещения и зоны класса:

П-I – Помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C (например, склады минеральных масел и т.д.)

П-II – Помещения, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 .

П-IIa – Помещения, в которых обращаются твердые или волокнистые горючие вещества.

П-III – К зонам класса П-III относятся зоны, расположенные вне помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C (например, открытые склады минеральных масел) или твердые горючие вещества (например, открытые склады угля, торфа, дерева и т.д.).

Помещения:

Пыльные: Помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль (проводящая или непроводящая) в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п.

Сухие: Помещения, в которых относительная влажность не превышает 60% при 20°C. Нормальные сухие помещения в которых отсутствуют условия характерные для помещений жарких и пыльных и с химически активной средой.

Влажные: В которых пары или конденсирующаяся влага выделяется лишь временно и в небольших количествах и относительная влажность которых более 60%, но не выше 75% при 20°C.

Сырые: В которых относительная влажность длительно превышает 75% при 20°C.

Особо сырые: Помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой) при 20°C.

Жаркие: Помещения, в которых температура длительно превышает 30°C.

Химически активные: Помещения, в которых по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

С повышенной опасностью: Характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости или проводящей пыли;
- токопроводящих полов;
- высокой температуры;
- возможности одновременного прикосновения человека к заземленным конструкциям зданий и корпусам технологических механизмов с одной стороны и корпусам электрооборудования с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости;
- химически агрессивной среды;

- одновременного наличия двух или более условий повышенной опасности.

Во взрыво- и пожароопасных зонах следует применять светильники, удовлетворяющие требованиям глав 7.3 и 7.4 ПУЭ [13]. Минимально допустимую степень защиты светильников по ГОСТ 17677-82-1 и ГОСТ-14254-80 для освещения непожаро- и невзрывоопасных помещений с разными условиями среды следует принимать по таблице 4.

Указания по выбору светильников различного назначения и их светотехнические характеристики приведены в [8], (глава третья) и приложении 3.

Таблица 4

№ п.п.	Минимально допустимая степень защиты светильников	Тип источника света	Условия среды						
			Нормальные	Влажные	Сырые	Особо сырые	Химически активные	Пыльные	Жаркие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	IP20	ЛЛ	+	*	--	--	--	*	+
2	IP20	ЛН, ГЛВД	+	*	*	--	--	*	+
3	IP23	ЛЛ, ЛН, ГЛВД	(--)	+	*	*	*	*	*
4	2'0	ЛЛ	+	*	(--)	--	--	--	*
5	2'0	ЛН, ГЛВД	+	*	(--)	--	--	--	*
6	5'0	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	*	--	*	+	+
7	5'3	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	*	*	*	+	*
8	IP51	ЛН	(--)	(--)	+	+	*	+	*
9	5'4	ЛЛ	(--)	(--)	+	+	+	+	+
10	IP53	ЛН, ГЛВД	(--)	(--)	+	+	+	+	*
11	IP54	ЛЛ	(--)	(--)	+	+	+	+	*
12	IP54	ЛН	(--)	(--)	+	+	+	+	*
13	IP54	ГЛВД	(--)	(--)	+	+	+	+	*

При размещении ОП в производственных помещениях и установках наружного освещения необходимо учитывать следующие основные условия:

- создание нормируемой освещенности наиболее экономичным путем;
- соблюдение требований к качеству освещения (равномерность, направление света, ограничение теней, пульсации освещенности, а также прямая и отраженная блескость);
- безопасный и удобный доступ для обслуживания;
- наименьшую протяженность и удобство монтажа групповой сети;
- надежность крепления ОП.

Расположение светильников может быть светотехнически наивыгоднейшим, энергетически наивыгоднейшим и экономически наивыгоднейшим. Решением задачи является обычно определение отношения расстояния между светильниками L к расчетной высоте h ,

обозначаемого λ с индексами «С», «Э» и «О» соответственно. Уменьшение значения λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и возрастанию расходов энергии. Рекомендации по выбору λ приведены в табл.5. Расчетное значение λ принимается по табл.5 в зависимости от источника света и вида КСС светильника. Расстояние между светильниками в ряду или между рядами светильников определяется по формуле:

$$L = h \cdot \lambda = (h_{\text{п}} - h_{\text{р}}) \cdot \lambda = (H - h_{\text{с}} - h_{\text{р}}) \cdot \lambda, \text{ м.}$$

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется устанавливать рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами. Значение L в этом случае числится как расстояние между рядами.

Типичные случаи расположения светильников в разрезе и плане производственного помещения показанного на рис.1.

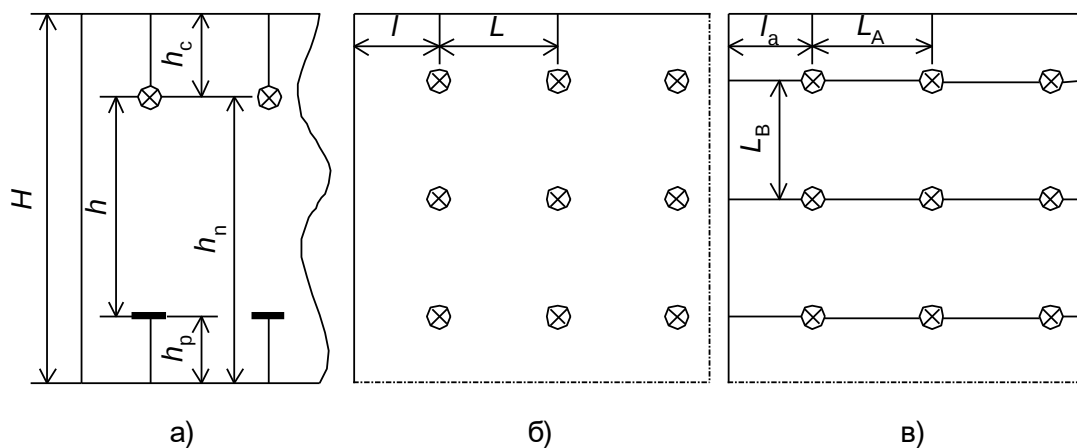


Рис. 1. Схемы расположения светильников: в разрезе - а); плане - б) и в).

Расстояние крайних рядов светильников от стены принимается в пределах $l = (0,3 \div 0,5) \cdot L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест. Для помещения с геометрическими размерами $L_A \times L_B \times H$, м, где L_A и L_B – соответственно длина и ширина помещения, число рядов светильников, расположенных параллельно длинной стороне помещения, вычисляется по формуле:

$$n = (L_B - 2l_b) / L + 1,$$

где l_b – расстояние крайних рядов светильников до стены A . Затем полученное значение n округляется до ближайшего целого числа, уточняется при неизменном L значение l_a и проверяется выполнение условия $l = (0,3 \div 0,5)L_A$.

Таблица 5

Тип КСС	λ_c	λ_z
К – концентрированная	0,6	0,6
Г – глубокая	0,9	1,0
Д – косинусная	1,4	1,6
М – равномерная	2,0	2,6
Л – полуширокая	1,6	1,8

Светильники с «точечными» источниками света (лампы накаливания и газоразрядные лампы ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и т.д.) располагаются по вершинам квадратных, прямоугольных или треугольных световых полей, и в общем случае число светильников в ряду N определяется по формуле:

$$N = (L_A - 2l_a) / L + 1,$$

где l_a – расстояние крайних светильников в ряду до стены B .

В случае прямоугольных полей расстояние L_a между светильниками в ряду должно быть больше расстояния между рядами светильников L_b . Общепринято выдерживать соотношение $L_a / L_b \leq 1,5$. В пределе при $L_a = L_b = L$ получим квадратное световое поле.

Задания:

Задание №1

Освещение механического цеха выполнено люминесцентными лампами в светильниках ЛСП 02, расположенными в виде светящихся линий. Размеры цеха: $A \times B \times H = 48 \times 24 \times 6$, м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м (по СНиП). Расстояние светильника от перекрытия (высота свеса) $h_c = 0,5$ м. Определить число рядов светильников и изобразить схему их размещения.

Задание №2

Инструментальный цех освещается лампами ДРЛ в светильниках РСП 05 с КСС типа Г. Размеры цеха $A \times B \times H = 60 \times 30 \times 10$ м. Наметить размещение светильников в цехе при значениях высоты рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м и высоты свеса $h_c = 1,2$ м.

Практическая работа №2. Кривые силы света (КСС). Расчет прямой составляющей освещенности.

Цель: Приобрести навыки расчета прямой составляющей освещенности

Основы теории:

При расчете осветительной установки (ОУ), как правило, определяют число и мощность источников света для реализации нормированной освещенности в заданной точке пространства. В некоторых случаях проводят поверочные расчеты существующей осветительной установки с целью оптимизации ее количественно – энергетических показателей.

В зависимости от поставленной задачи выбирается метод расчета:

- метод коэффициента использования светового потока – предназначенный для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Для этой же цели служат различные упрощенные формы этого метода;
- точечный метод – служит для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей относительно светильника и при любом распределении освещенности.

Отметим, что независимо от выбранного метода расчета освещенности размещение светильников должно проводиться с учетом размещения оборудования и его затеняющих свойств.

При расчете освещенности от точечного источника методом коэффициента использования используется рабочая формула:

$$E_H = \frac{N \cdot \Phi \cdot \eta}{S \cdot z \cdot K_3} \text{ лк,}$$

из которой в зависимости от поставленной задачи можно по-

лучить:

- суммарный световой поток ламп светильника $\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot K_3}{N \cdot \eta};$
- число светильников $N = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot K_3}{\Phi \cdot \eta}.$

Значение коэффициента минимальной освещенности z на практике принимают равным 1,15 при расположении светильников по вершинам квадратных световых полей и $z = 1,1$ при освещении линиями люминесцентных светильников. В установках отраженного света или хорошо отражающих стенах $z = 1$.

При известном числе светильников рассчитывается поток Φ и выбирается по каталогу стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения потока Φ не более, чем на $-10 \div +20\%$. В противном случае корректируется значение N .

При расчете освещенности от светящихся линий люминесцентных светильников в выражение для E_n подставляется число рядов n вместо числа светильников N , т.е.:

$$E_n = \frac{n \cdot \Phi \cdot \eta}{S \cdot z \cdot K_z}, \quad \text{где } \Phi - \text{ суммарный поток ламп светящей линии.}$$

При выбранном типе светильника с люминесцентными лампами и суммарным световым потоком $\sum \Phi_n$ число светильников в ряду $N_{с.л.}$ (светящей линии) равно:

$$N_{с.л.} = \frac{\Phi}{\sum \Phi_n}.$$

Суммарная длина $N_{с.л.}$ светильников должна быть сопоставимой с длиной помещения и в случае отличия возможна реализация одного из трех случаев:

1) При превышения длины светящей линии над длиной помещения возможны следующие решения:

- а) увеличение числа рядов светящихся линий;
- б) компоновка рядов на сдвоенных (строенных и т.д.) светильниках;
- в) применение люминесцентных ламп с большим значением Φ_n .

2) Устройство непрерывного ряда светильников при равенстве длин светящей линии и помещения.

3) Устройство разрывного ряда светильников светящей линии с равномерными расстояниями между светильниками в ряду, удовлетворяющего условию, что расстояние между светильниками λ не превысит половины расчетной высоты h .

Коэффициент использования η , определяющий экономичность светильника, зависит от его К.П.Д. (пропорционально), КСС, от коэффициентов отражения потолков $\rho_{п.}$, стен $\rho_{с.}$, расчетной плоскости $\rho_{р.}$ и от значения индекса помещения i , который определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad \text{где } A \text{ и } B - \text{ стороны помещения; } S - \text{ его площадь;}$$

h – расчетная высота.

Зависимость η от перечисленных факторов учитывается тем, что для каждого светильника или группы светильников с близкими характеристиками составляется отдельная таблица коэффициентов использования, в которой также учитывается характерное значение $\lambda_{с.}$ светильника и коэффициенты отражения. Отметим, что коэффициенты отражения

оценивается субъективно или предположительно и так как их точные значения неизвестны, то из усредненных значений $\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{с}} = 70; 50; 30; 10 \%$ и $\rho_{\text{р}} = 30; 10; 0 \%$ выбираются их наиболее вероятные сочетания.

Задания:

Задание №1

Выполнить светотехнический расчет осветительной установки механического цеха методом коэффициента использования.

Освещение механического цеха выполнено люминесцентными лампами в светильниках ЛСП 02, расположенными в виде светящих линий. Размеры цеха: $A \times B \times H = 48 \times 24 \times 6$, м. Высота рабочей поверхности $h_{\text{р}} = 0,8$ м (по СНиП). Расстояние светильника от перекрытия (высота свеса) $h_{\text{с}} = 0,5$ м. Определить число рядов светильников и изобразить схему их размещения.

Задание №2

Инструментальный цех освещается лампами ДРЛ в светильниках РСП 05 с КСС типа Г. Размеры цеха $A \times B \times H = 60 \times 30 \times 10$ м. Наметить размещение светильников в цехе при значениях высоты рабочей поверхности $h_{\text{р}} = 0,8$ м и высоты свеса $h_{\text{с}} = 1,2$ м.

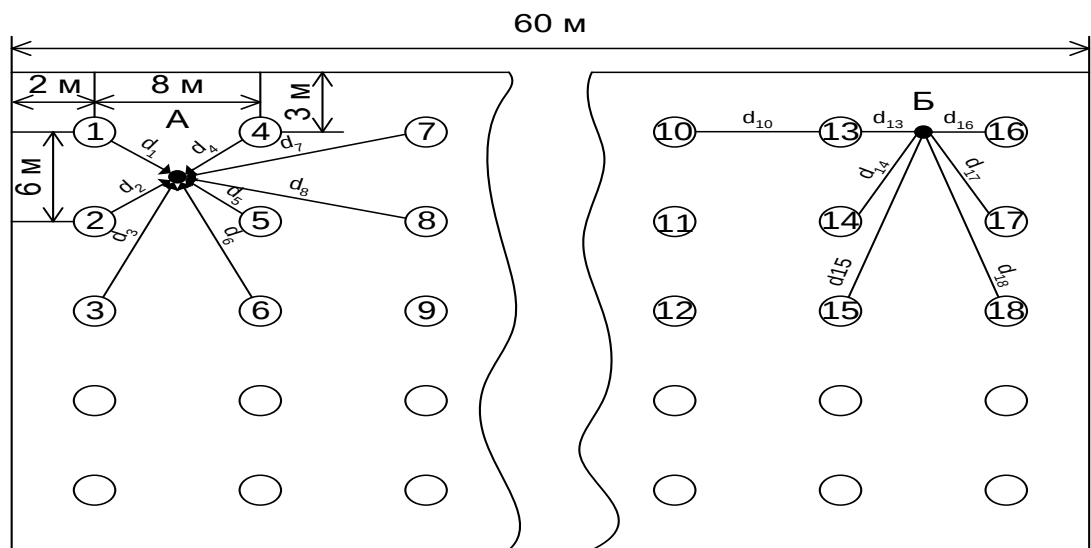
Выполнить светотехнический расчет осветительной установки инструментального цеха по данным примера 2 методом коэффициента использования при заданных значениях коэффициентов отражения $\rho_{\text{п}} = 0,7$; $\rho_{\text{с}} = 0,5$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$.

Задание №2

Выполнить проверку светотехнического расчета примера 4 точечным методом. Схема расположения светильников показана на рис. 4. Контрольная точка А расположена в середине прямоугольного поля размером 6×8 м, а точка Б в середине длинной стороны светового поля. Расстояние d_i , определяется по геометрическому построению с использованием рис.4. Относительные освещенности от каждого светильника РСП 05 находятся по пространственным изолуксам условной горизонтальной освещенности рис.6-30 [8]. Результаты расчета упомянутых величин с учетом количества равноудалённых светильников приведены в табл.6.

Точка	Номера светильников	$d_i, \text{м}$	$e, \text{м}$	$n \cdot e, \text{лк}$	$\Sigma e, \text{лк}$
А	1,2,3,4,5	5	3,5	14	14,88
	9,6	9,84	0,35	0,7	
	7,8	12,36	0,09	0,18	

Б	13,16	4	5	10	13,07
	14,17	7,2	1,4	2,8	
	15,18	12,6	0,08	0,16	
	10	12	0,11	0,11	



Практическая работа №3. Расчет установок электрического освещения. Расчетные осветительные нагрузки.

Цель: Приобрести навыки расчета осветительных нагрузок

Основы теории:

Для выявления мощности трансформаторов, питающих электрическое освещение промышленных предприятий, а также для расчета отдельных звеньев осветительных сетей и выбора параметров электрооборудования требуется определять расчетные осветительные нагрузки. Они, как правило, подсчитываются исходя из суммарной установленной мощности, полученной в результате светотехнического расчета или фактически имеющейся в данной ОУ. Установленная мощность определяется суммированием мощности источников света стационарных ОП напряжением 42 В и выше, а также номинальной мощности стационарных понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12÷42 В. В ОУ с газоразрядными лампами в установленную мощность включают потери мощности в ПРА.

В случае необходимости установленную мощность можно определить без светотехнического расчета по средним значениям удельной мощности освещения (Вт/м^2), выявленным ранее для аналогичных объектов, и размерам освещаемой площади.

Расчетная нагрузка определяется умножением установленной мощности на коэффициент спроса K_c , равный отношению расчетной длительной нагрузки (30-минутный максимум) к установленной мощности. Значение K_c для групповой сети рабочего освещения производственных и общественных зданий, а также наружного освещения (НО) промышленных предприятий принимают равным единице ($K_c = 1,0$). Для производственных зданий значения K_c принимаются равными:

1,0 – для мелких производственных зданий и линий, питающих отдельные групповые щитки;

0,95 – для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

0,85 – для зданий состоящих из многих отдельных помещений;

0,8 – для административно-бытовых и лабораторных зданий промышленных предприятий;

0,6 – для складских зданий состоящих из многих отдельных помещений, электрических подстанций.

Отметим, что на большинстве промышленных предприятий осветительная нагрузка колеблется в пределах $8 \div 20\%$ общей по предприятию. В общественных зданиях в зависимости от их назначения и степени оснащения инженерными системами осветительная нагрузка составляет $40 \div 60\%$ общей, а в отдельных случаях доходит до 80% .

С учетом изложенного выше можно записать выражение для определения расчетной нагрузки:

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{уст}} K_c K_{\text{ПРА}},$$
 где $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в ПРА, значения которого выбирают из условий:

1,1 – для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНаТ; 1,2 – для ЛЛ в стартерных схемах включения;
1,3÷1,35 – для ЛЛ в бесстартерных схемах включения.

Для питания осветительных приборов общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 вольт переменного тока при заземленной нейтрали и не выше 220 вольт переменного тока при изолированной нейтрали и при постоянном токе. Для питания отдельных ламп следует применять, как правило, напряжение не выше 220 вольт. Указанные выше напряжения допускаются для всех стационарных ОП в помещениях без повышенной опасности независимо от высоты их установки. Разрешается использовать напряжение 380 вольт, в том числе фазное напряжение системы 660/380 вольт, для питания ламп, рассчитанных на это напряжение (металлогалогенных, натриевых высокого давления, типа ДКсТ и др.) при соблюдении следующих условий:

- 1) при вводе в ОП и ПРА медным проводом или кабелем на напряжение ≥ 660 В;
- 2) при одновременном отключении всех фазных проводов;
- 3) при нанесении на ОП для помещений с повышенной опасностью и особо опасных хорошо различимых отличительных знаков с указанием применяемого напряжения («380 В»);
- 4) ввод в ОП двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 вольт запрещается;
- 5) для питания ламп накаливания ОП местного освещения должны применяться напряжения:
 - а) 220 вольт и меньше в помещениях без повышенной опасности;
 - б) не выше 42 вольт – в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных;
 - в) 127–220 вольт допускается применять для питания ОП с люминесцентными лампами местного стационарного освещения.

Напряжение в ОУ всех назначений с любыми видами ламп должны быть не ниже 95% и не выше 105% их номинального значения. Для обеспечения надежной работы газоразрядных ламп напряжения на них даже в аварийном режиме не должно быть ниже 90% номинального.

Сети внутреннего освещения (ВО) разделяются на питающие и групповые. К питающим сетям относятся линии от трансформаторных подстанций или других точек питания до групповых щитков; к групповой сети – линии от групповых щитков до ОП и штепсельных розеток. Сети наружного освещения (НО) по функциональному назначению делятся на питающие и распределительные. По определению распределительная сеть – это электрическая сеть питающая ОП наружного освещения.

Схемы питания ВО и НО должны обеспечивать:

- необходимую степень надежности питания;
- безопасность в отношении пожара, взрыва, поражения электрическим током;
- использование монтажных изделий заводского изготовления, возможность предварительной заготовки элементов сети на заводах;
- экономию стальных и полиэтиленовых труб, меди, свинца;
- регламентированные уровни и постоянство напряжения;
- простоту и удобство эксплуатации;
- требования к управлению освещением;
- экономичность осветительной установки;
- требования эстетики и в ряде случаев гигиены.

Питающие сети для ОУ и силового электрооборудования рекомендуется выполнять, как правило, отдельными. В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения. В начале групповой линии обязателен аппарат защиты на всех фазных проводниках (предохранитель или автоматический выключатель), а отключающий аппарат можно не устанавливать при наличии таких аппаратов по длине линии или когда управление освещением осуществляется аппаратами, установленными в линиях питающей сети. Линии питающей сети рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения должны иметь в распределительных устройствах, от которых эти линии отходят, самостоятельные аппараты защиты и управления для каждой линии. Допускается устанавливать общий аппарат управления для нескольких линий одного вида освещения или установок, отходящих от распределительного устройства [13].

При питании внутреннего освещения от встроенных и пристроенных ТП или КТП вблизи них устанавливаются магистральные щитки с автоматическими выключателями от которых питаются групповые щитки. Причем, если одной линией питается четыре и более

групповых щитков на вводе в каждый щиток рекомендуется устанавливать отключающий аппарат.

Питающие линии могут выполняться радиальными, радиально-магистральными или магистральными. Характерные схемы питания осветительных установок рассмотрены в [2] §9.5.2. и [8] §10.2 и приведены в приложении 10.

Магистральный распределительный пункт (щиток) располагается в начале питающей линии и, как правило, вблизи встроенной или пристроенной трансформаторной подстанции (ТП) и комплектуется трехполюсными автоматическими выключателями. Номенклатура распределительных пунктов приведена в табл. 10. Групповые щитки, расположенные на стыке питающих и групповых линий, предназначены для установки аппаратов защиты и управления электрическими осветительными сетями. При выборе типов щитков учитываются условия среды в помещении, способы установки в них аппаратов, коммутируемые осветительные нагрузки, токи и т. д. Информация по выбору щитков приведена в табл.10 (см. также [8], §11.4). Располагать щитки следует, по возможности, ближе к центру нагрузки в местах, удобных для обслуживания. При выборе мест расположения щитков учитываются рекомендации ПУЭ [13], ([8], §10.3).

Пункты распределительные и щиты освещения

№ п/ п	Наименование	Тип и количество выключателей			Завод-из- готови- тель	Приме- чание
		3-х полюсных	2-х полю- сных	1-но полю- сных		
1	ПР 8503-1001	ВА630/2х100; 50; 20; 16А	-	-	ООО «ЭЛЕК- ТРА» г. Москва	6800 руб.
2	ПР 8503-1005	ВА320/3х200; 1х60А	-	-		16820 руб.
3	ПР 8503-1011	ВА57-31/1х31.5; 3х40; 1х50; 1х63А	-	-		8980 руб.
4	ПР 8503-1015	ВА57Ф35/1х25; 1х50; 1х63, 1х125А	-	-		11980 руб.
5	ПР 8503-1051	ВА400/2х80; 2х63; 2х25; 6х80А	-	-		11986 руб.
6	ПР 8503-1052	ВА630/2х100; 2х80; 4х63 (8х100)А	-	-		12894 руб.
7	ПР 8503-1053	ВА400/2х100; 2х63; 3х25; 3х10А	-	-		12946 руб.
8	ПР 8503-1058	ВА630/2х250; 2х160; 2х100А	-	-		22685 руб.
9	ПР 8503-1161	ВА250/1х100; 1х80; 2х40; 4х16А	-	-		9161 руб.
10	ОЩВ-6	-	-	63А+6х16А (25А)		900 руб.
11	ОЩВ-6	Ввод-авт. 3ф	-	100А+6х16А (25А)		1250 руб
12	ОЩВ-6	Ввод-выкл.нагр. 3ф	-	100А+6х16А (25А)		1250 руб
13	ОЩВ-12	-	-	63А+12х16А (25А)		1250 руб
14	ОЩВ-12	Ввод-авт. 3ф	-	100А+12х16А (25А)		1580 руб.

15	ОЩВ-12	Ввод-ВН 3ф вык. нагр.		100А+12х16А (25А)		1300 руб.
16	УОЩВ 1-6	-	-	1-6 63А; 6х16А (25А)		1100 руб.
17	УОЩВ 1-9			1-9 63А; 9х16А (25А)		1280 руб.
18	УОЩВ 1-12			1-12 12х16А (без. ав.)		1120 руб.
19	УОЩВ 1-12			1-12 16х25А		1120 руб.
20	ЩРН(В)-2	Возможность установки от 12 до 48 модулей (комплектуются DIN-рейкой)			ДЭК, Г. Москва	Н-навесной, В-встроенный,

Осветительные сети должны быть выполнены в соответствии с требованиями ПУЭ [13, главы 2.1 – 2.4; 6.2 – 6.4 и 7.1 – 7.4]. В зависимости от характеристики помещения и условий окружающей среды выполнение электрических осветительных сетей возможно проводами с медными или алюминиевыми жилами, кабелями, как правило, с алюминиевыми жилами и осветительными шинопроводами (ШОС). Токопроводы с медными жилами применяется ограниченно, например, для взрывоопасных помещений классов В-I и В-Ia. Сортамент линий и технические данные проводов и кабелей приведены в [8, табл. 11.1÷11.5] и [15]. Из существующего сортамента шинопроводов в ОУ наиболее широко используются:

- в питающих сетях – шинопроводы ШПРА-73 на токи 250, 400 и 630 А;
- в групповых сетях – шинопроводы ШОС-67 на ток 25А и шинопроводы ШОС-73 на ток 63А (при алюминиевых шинах) или 100А (при медных шинах).

В сетях внутреннего освещения наиболее часто используются следующие марки проводов и кабелей:

- Изолированные провода АПВ, ПВ-1 (универсальное использование);
- АППВ, ППВ – скрытая несменяемая проводка;
- АПРТО, ПРТО с резиновой изоляцией – прокладка в трубах;
- тросовые провода: АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ с ПВХ изоляцией, содержащие в своей конструкции несущий трос;
- кабели АВВГ, ВВГ с изоляцией и оболочкой из ПВХ;
- кабели АВРГ и ВРГ с оболочкой из ПВХ и резиновой изоляцией;
- кабели АНРГ и НРГ с резиновой изоляцией и резиновой (наиритовой) оболочкой;
- провода ПСУ-155 и ПСУ-180 нагревостойкие с медной жилой;
- провода ПРКА для зарядки осветительных приборов.

Выбор типа проводки (открытая, скрытая, сменяемая и т.п.) производится на основании рекомендаций [2, §9.7] и [13]. Однако необходимо отметить, что электропроводки

осветительных сетей промышленных предприятий выполняются открытыми, а административных и жилых зданий – скрытыми и, по возможности, сменяемыми.

Сечения проводников осветительной сети должны обеспечить:

- достаточную механическую прочность сети ([8], §12.2), [13];
- прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур ([8], §12.3), [13];
- необходимые уровни напряжения источников света ([8], §12.4), [13];
- срабатывания защитных аппаратов при коротких замыканиях ([8], §12.7), [13].

При выборе проводников осветительной сети по механической прочности достаточно выполнить все требования ПУЭ [13] по минимальному сечению проводников и расстоянию между точками их крепления. Наименьшие допустимые сечения проводников по механической прочности указаны в [8, табл.12.1] и [13] При тросовых проводках в зависимости от нагрузки стальные тросы следует принимать диаметром 1,95÷6,5 мм, канатку – диаметром 5,5÷8 мм.

Нагрев проводников вызывается прохождением по ним тока I , величина которого определяется по формулам:

- для трехфазной сети, с нулем и без нуля, при равномерной нагрузке фаз:

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos \varphi}, \text{ А};$$

- для двухфазной сети с нулем, при равномерной нагрузке фаз:

$$I = \frac{P_2}{2U_{\text{ф}} \cos \varphi}, \text{ А};$$

- для двухпроводной сети: $I = \frac{P_1}{U_{\text{н}} \cos \varphi}, \text{ А};$

- для каждой из фаз двух- или трехпроводной сети с нулем при любой, в том числе и неравномерной нагрузке: $I = \frac{P_1}{U_{\text{ф}} \cos \varphi}, \text{ А},$ где P_i – активная расчетная мощность одной, двух или трех фаз; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки; $U_{\text{л}}, U_{\text{ф}}, U_{\text{н}}$ – соответственно линейное, фазное и номинальные напряжения сети.

При равномерной нагрузке фаз ток в нулевом проводе трехфазных сетей, питающих лампы накаливания, равен нулю, ток же сетей, питающих газоразрядные лампы, может достигать величины фазного тока.

Нелинейность ПРА и вольт-амперных характеристик газоразрядных ламп ведут к искажению синусоидальной формулы тока и появлению высших гармоник, причем последние, в основном третья, приводят к наличию тока в нулевых рабочих проводах трехфазных линий. Стандарты ограничивают величину тока в нулевом проводе трехфазных линий на уровне фазного при компенсированных ПРА и половины фазного тока – при индуктивных ПРА.

В двухфазных трехпроводных сетях при равномерной загрузке фаз ток в нулевом проводе равен фазному току при питании ламп накаливания; однако может быть несколько больше фазного тока при питании газоразрядных ламп.

При неравномерной нагрузке фаз линейные токи будут неодинаковы и при небольшой неравномерности, выбор сечения проводов следует вести, как для линии с равномерной нагрузкой фаз, приняв в качестве расчетной утроенную нагрузку наиболее загруженной фазы. При существенной неравномерности нагрузки (например, при мощных ксеноновых светильниках) необходимо определить токи и сечения проводников отдельно для каждой фазы. Для трехфазных линий с включением нагрузок на линейное напряжение линейные токи I_a, I_b, I_c зависят от порядка следования фаз ($A-B-C$ или $C-B-A$).

При прямом порядке следования фаз:

$$\begin{aligned} I_A &= \sqrt{I_{ab}^2 + I_{ca}^2 + 2I_{ab}I_{ca} \sin(\varphi_{ab} - \varphi_{ca} + 30^\circ)}; \\ I_B &= \sqrt{I_{bc}^2 + I_{ab}^2 + 2I_{bc}I_{ab} \sin(\varphi_{bc} - \varphi_{ab} + 30^\circ)}; \\ I_C &= \sqrt{I_{ca}^2 + I_{bc}^2 + 2I_{ca}I_{bc} \sin(\varphi_{ca} - \varphi_{bc} + 30^\circ)}. \end{aligned}$$

При обратном порядке следования фаз в каждой из формул необходимо поменять местами индексы углов (ab и ca , bc и cb , bc и ca). Так как порядок следования фаз при проектировании неизвестен и может меняться в процессе эксплуатации, необходимо определять линейные токи для обоих вариантов следования фаз.

Ток нагрузки, протекая по проводнику, нагревает его. Нормами установлены наибольшие допустимые температуры нагрева жил проводов и, исходя из этого, определены длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей в зависимости от материала их изоляции и оболочки и условий прокладки [13]. Значение токов приняты для температуры окружающего воздуха $+25^\circ\text{C}$ и земли $+15^\circ\text{C}$. В случае, если предусматривается длительная эксплуатация провода в среде с температурой, отличной от нормативной, допустимая токовая нагрузка, (в амперах), определяется по формуле:

$$I = I_n \sqrt{\tau_\phi / \tau_n}, \quad \text{где } I_n - \text{нормативная токовая нагрузка, А, [13];}$$

τ_{ϕ} и τ_n – допустимое превышение температуры провода соответственно над фактической и нормативной температурой среды $^{\circ}\text{C}$.

Расчет значения тока в линиях производится по формуле: $I = P_p K_T$ где P_p – расчетная нагрузка, кВт; $K_T = f(U, \cos \varphi)$ – коэффициент, значения которого приведены в табл.12.

Величина располагаемых потерь напряжения в сети [8] определяется по формуле:

$\Delta U_{\text{д}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{мин}} - \Delta U_{\text{Т}}$, %, где $\Delta U_{\text{д}}$ – располагаемая потеря напряжения в сети;

$U_{\text{хх}}$ – номинальное напряжение при холостом ходе трансформатора (105%);

$U_{\text{мин}}$ – допускаемое напряжение у наиболее удаленных ламп (см.[8], §10.1);

$\Delta U_{\text{Т}}$ – потеря напряжения в трансформаторе, приведенная ко вторичному напряжению [см. табл.13].

Отметим, что значение напряжений $U_{\text{хх}}$, $U_{\text{мин}}$, $\Delta U_{\text{Т}}$ – указываются в процентах.

Допустимые потери напряжения в осветительной сети ΔU , % в зависимости от мощности трансформатора S_n , коэффициента его загрузки β и $\cos \varphi$ нагрузки приведены в [8], табл.12.6. Эти потери рассчитаны для $U_{\text{мин}}$ равного 97,5%, и при иных значениях должны быть соответственно изменены.

Потеря напряжения $\Delta U_{\text{Т}}$ зависит от мощности трансформатора, его нагрузки, коэффициента мощности питаемых электроприемников и определяется с достаточным приближением по формуле:

$$\Delta U_{\text{Т}} = \beta \cdot (U_{\text{а.т}} \cdot \cos \varphi + U_{\text{р.т}} \cdot \sin \varphi),$$

где $U_{\text{а.т}}$ и $U_{\text{р.т}}$ – активная и реактивная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора, определяемого по формулам:

$$U_{\text{а.т}} = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad \text{и} \quad U_{\text{р.т}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 \frac{\%}{0} - U_{\text{а.т.}}^2 \frac{\%}{0}};$$

$P_{\text{к}}$ – потери короткого замыкания, кВт; $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВт·А; $U_{\text{к}}$ – напряжение короткого замыкания, %.

В общем случае потеря напряжения в сети определяется по формулам:

- в сетях без индуктивности $\Delta U = IR$;

- в сетях с индуктивностью $\Delta U = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi)$,

где I – расчетный ток линии, А; R и X – активное и реактивное сопротивления линии, Ом; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Если выразить ΔU в процентах от номинального напряжения U_n , а ток нагрузки через мощность (в киловаттах), то получим расчетные формулы потери напряжения в осветительной сети через момент нагрузки:

- для двухпроводной сети (однофазной, двухфазной без нуля или постоянного тока):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 10^{11}}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} \cdot M ;$$

- для четырехпроводной трехфазной с нулем и трехфазной трехпроводной без нуля сети:

$$\Delta U = \frac{10^{11}}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} \cdot M ;$$

- для трехпроводной двухфазной с нулем в сети:

$$\Delta U = \frac{2,25 \cdot 10^{11}}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} \cdot M ,$$

где γ – удельная проводимость проводника, См/м; S – сечение проводника, мм²; U_n – номинальное напряжение сети (для трех- и двухфазных сетей линейное напряжение), В; M – момент нагрузки, равный произведению мощности нагрузки, кВт, на длину линии l , м и определяемый по схемам рис.7.

При заданных номинальном напряжении сети и материале проводника:

$$\Delta U = \frac{M}{CS} \quad \text{и} \quad S = \frac{M}{C\lambda U}, \quad \text{где } C - \text{коэффициент, зависящий от напряжения и}$$

материала проводника (см. табл.12).

Потери напряжения на всех участках сети (от шин низшего напряжения трансформатора до самого удаленного светильника) суммируются и сравниваются с величиной допустимой потери напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$. В табл.11 приведены значения ΔU_T для коэффициента загрузки $\beta = 1$. Для определения истинной величины ΔU_T его значение, найденное по таблице 11, следует умножить на фактическое значение коэффициента загрузки β .

Таблица 11

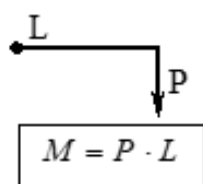
Потери напряжения в трансформаторах.

Мощность трансформатора, кВ·А	Потеря напряжения ΔU_T , %, при коэффициенте мощности нагрузки, равном					
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	1,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
250	1,5	3,2	3,7	4,1	4,3	4,4
400	1,4	3,1	3,7	4,0	4,2	4,4
630	1,2	3,4	4,1	4,6	4,9	5,2
1000	1,1	3,3	4,1	4,6	5,0	5,2
1600-2500	1,0	3,3	4,1	4,5	4,9	5,2

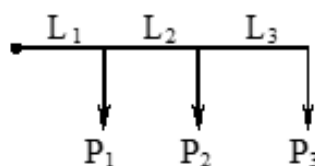
Таблица 12

Значения коэффициентов K_T и C .

	Система сети, род тока	Коэффициенты K_T для				Коэфф. C проводов	
		ЛН	ГЛ при соэф ком- плекта Лампа – ПРА			медных	алюминиевых
			0,9	0,5	0,35		
660/380	Трехфазная с ну- лем	0,875	0,972	1,75	2,5	218,0	133,0
380/220		1,52	1,69	3,04	4,34	72,2	44,0
220/127		2,63	2,92	5,26	7,52	24,2	14,8
320	Трехфазная без нуля	1,52	1,69	3,04	4,34	72,2	44,0
220		2,63	2,52	5,26	7,52	24,2	14,8
40		14,4	16,0	28,9	41,2	0,8	0,488
36		16,0	17,8	32,1	45,8	0,648	0,395
12		48,1	53,5	96,1	137,0	0,072	0,044
660/380	Двухфазная с ну- лем	1,32	1,46	2,63	3,76	96,8	59,0
380/220		2,27	2,52	4,54	6,49	32,1	19,6
220/127		3,94	4,37	7,87	11,2	10,7	6,56
660/380	Однофазная с нулем	2,63	2,92	5,26	7,52	36,1	22,0
220		4,54	5,05	9,09	13,0	12,1	7,38
127	Двухпроводная переменного и постоянного тока	7,87	8,75	15,7	22,5	4,03	2,46
40		25,0	27,8	50,0	71,4	0,4	0,244
36		27,8	30,9	55,5	79,4	0,324	0,198
12		83,3	92,6	167,0	238,0	0,036	0,022

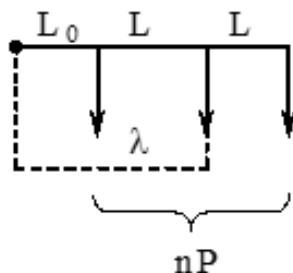


а)



б)

$$M = P_1 L_1 + P_2 (L_1 + L_2) + P_3 (L_1 + L_2 + L_3) = L_1 (P_1 + P_2 + P_3) + L_2 (P_1 + P_2) + L_3 P_3$$



в)

$$M = nP \left[L_0 + \frac{L(n-1)}{2} \right] = nP \lambda,$$

где λ – приведенная длина до центра нагрузки

Задания:

Задание №1

Определить допустимую потерю напряжения в групповой линии, если осветительная установка питается от подстанции на которой установлен трансформатор мощностью

$S_T = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, коэффициент загрузки $\beta = 0,7$; питающая 3-фазная 4-проводная линия имеет длину 30 м; активная мощность нагрузки $P = 80 \text{ кВт}$; $\cos \varphi_{\text{нагр}} = 0,95$; напряжение питающей сети $U = 380/220 \text{ В}$.

Задание №2

Определить реактивную мощность компенсирующего конденсатора Q_k , ток автоматического выключателя I_a на осветительном щитке, сечения (по току) фазовых S_ϕ и нулевого S_0 проводов групповой сети, ток линии $I_{\text{л}}$ осветительной сети общей мощностью $P = 18 \text{ кВт}$, в том числе лампы накаливания $P_n = 3 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 1$ и лампы ДРЛ мощностью $P_d = 15 \text{ кВт}$ (с учетом потерь в ПРА), $\cos \varphi = 0,5$; $\text{tg} \varphi = 1,73$. Питание освещения осуществляется трехфазной четырехпроводной линией, выполненной кабелем АНРГ. Загрузка фаз равномерная. Фазное напряжение $U_\phi = 0,22 \text{ кВ}$.

Практическая работа №4. Электротехнический расчет уличного освещения.
Энергосбережение в системах наружного освещения.

Цель: Изучить методы энергосбережения в системах наружного освещения

Основы теории:

Решение вопросов энергосбережения в системах наружного освещения при жесткой регламентации норм горизонтальной освещенности пешеходных переходов, тротуаров, площадей и яркости дорожного покрытия проезжих частей магистралей связано с правильным выбором методики светотехнического расчета и оправданным выбором осветительных установок (светильников) с соответствующими источниками излучения (лампами). Расчет средней горизонтальной освещенности наружного освещения выполняется, как правило, точечным методом, поскольку методы удельной мощности не эффективны в экономическом смысле, так как дают завышенные результаты по мощности ламп светильников. Следует отметить также, что расчет освещенности точечным методом следует разделить на две независимые задачи:

- а) поверочный или рекомендательный расчет для существующей системы наружного освещения с целью её оптимизации по энергетическим и экономическим параметрам (использование современных ламп с большей световой отдачей и меньшей мощностью; переход на новый тип современных светильников, например, герметизированных с плоским стеклом и ударопрочным корпусом из композитных материалов типа ЖКУ 001-250);
- б) определение высоты установки светильников и расстояния между ними при выбранных типах ламп и светильников для вновь проектируемых или реконструируемых систем наружного освещения.

Расчетная формула точечного метода для прямой составляющей горизонтальной освещенности имеет вид:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_3 H^2}, \quad \text{где } \Phi_{\text{л}} - \text{световой поток выбранной лампы, лм; } K_3 - \text{коэффициент}$$

запаса (по СНиП-23-05-95 для газоразрядных ламп равен 1.5); H – высота установки светильника; $\sum \varepsilon$ – суммарная относительная

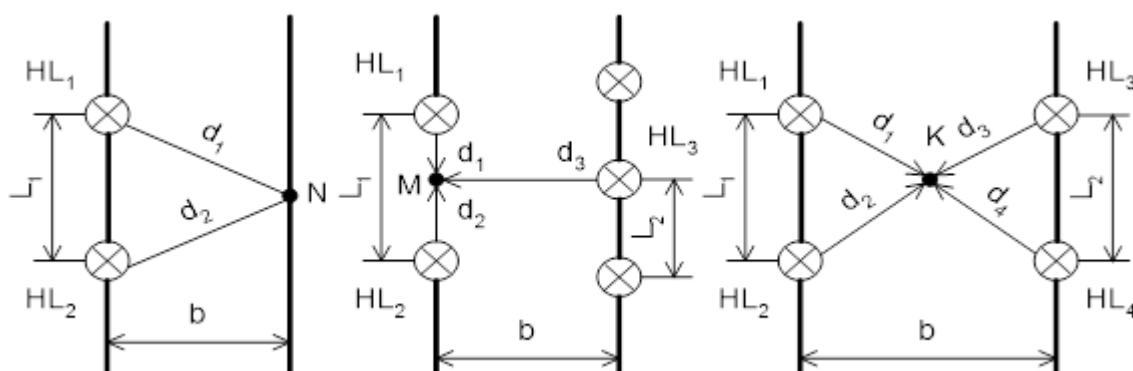
освещенность, лк, определяемая по формуле:

$$\sum \varepsilon = \sum_{i=1}^n I_{\alpha i} \cos^3 \left(\arctg \frac{d_i}{H} \right) \frac{H}{H_{1i}}, \quad \text{где } I_{\alpha i} \text{ определяется либо по формулам}$$

приближённой аналитической аппроксимации для выбранного типа светильника из табл.

21 либо по известной КСС для вычисленного значения $\alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}$; H_{li} - условная расчетная высота установки консольного светильника.

№	Обозначение	Аналитическое выражение КСС
1	ЖКУ 001-250	$I_{\alpha} = \frac{260 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
2	ЖКУ-01-400 -002-У1	$I_{\alpha} = \frac{180 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
3	ЖКУ-02-400-001-У1 РКУ-02-2.50-001-У1	$I_{\alpha} = \frac{150 \cos \alpha}{\cos[85^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$
4	РКУ-01-250-009-У1 РКУ-01-400-010-У1	$I_{\alpha} = \frac{200 \cos \alpha}{\cos[75^0 \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}$



На рис.14 приняты обозначения: d_i – расстояние по горизонтали от проекции i -светильника до контрольной точки (в общем случае не равно геометрическому расстоянию из-за возможного наклона оптической оси светильника); L_1 и L_2 – соответственно расстояния между светильниками с одной и другой стороны магистрали; N , M , K – точки наименьшей освещенности магистрали. Расчет начинают с вычисления кратчайшего расстояния от проекции i – условного светильника d_i до контрольной точки и условную высоту установки светильника H_{li} над плоскостью, повернутой на угол θ .

Для пояснения рассмотрим геометрические фигуры на рис.15, где консольный светильник расположен в точке M , на высоте H над поверхностью магистрали с отклонением оптической оси светильника от вертикали на угол θ . Для расчета освещенности в точке A , через данную точку проводим наклонную плоскость под углом θ к горизонту. Тогда из

рассмотрения рис.15.а условную расчетную высоту обозначим отрезком CM , являющегося нормалью к наклонной плоскости, а расстояние d_i можно выразить через отрезки CB и AB (смотри рис.15.б и с)

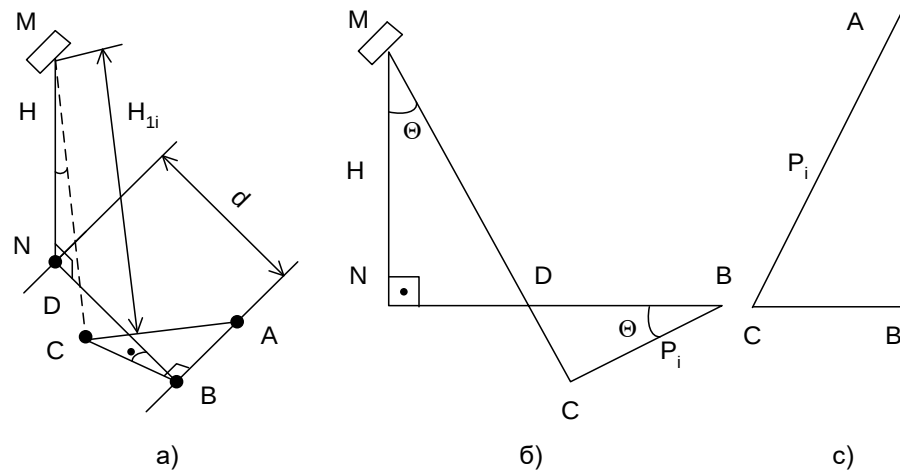


Рис.15. К определению освещенности от консольного светильника

Из рассмотрения рис.15.в можно получить выражения для определения вспомогательных параметров P_i и H_{1i} для каждого конкретного светильника.

$$H_{1i} = b_1^{(i)} \sin \theta + H \cos \theta;$$

$$CB = P_i = b_1^{(i)} \sin \theta - H \cos \theta;$$

где: $b_1^{(1)} = b$; $b_1^{(2)} = \frac{b}{2}$; $b_1^{(3)} = 0$; $b_1^{(4)} = b$ соот-

ветственно при расположении контрольной точки по периметру прямоугольника, как это показано на рис.16.

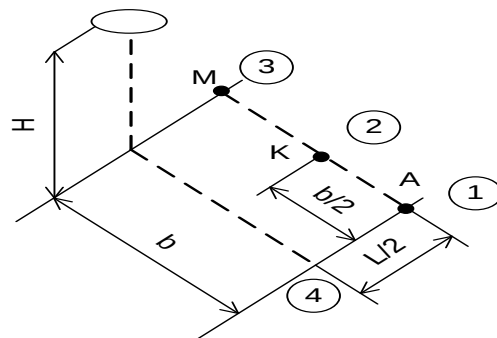


Рис.16. Иллюстрация к определению координат контрольных точек

Из рассмотрения геометрических фигур на рис.15.с следует, что расстояние $d_i = \sqrt{AB^2 + P_i^2}$ или $d_i = \sqrt{(b_2)^2 + P_i^2}$ ($b_2=0$ при расположении контрольной точки в точке (4) на рис.16 и $b_2=L/2$ во всех остальных случаях расположения контрольных точек на рис.14 и рис.16).

Относительная освещенность ε_i каждого i -го светильника для известных отношений

d_i/H и H/H_{1i} определяется по формуле:

$$\varepsilon_i = I_{\alpha_i} \cos^3(\arctg \frac{d_i}{H}) \frac{H}{H_{1i}}$$

где I_{α_i} определяется по формуле приближенной аналитической аппроксимации КСС конкретного светильника для вычисленного значения $\alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}$.

После этого вычисляем суммарную относительную освещенность всех учитываемых светильников для конкретной контрольной точки:

$$\sum \varepsilon = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad \text{где } n - \text{число учитываемых светильников (} n=2 \text{ для схемы рис.14.а;}$$

$n=3$ для схемы рис.14.б и $n=4$ для схемы рис.14.с).

С учетом полученных результатов прямая составляющая горизонтальной освещенности в контрольной точке определяется по формуле: $E = \frac{\Phi_{\text{л}} \sum \varepsilon}{1000 K_3 H^2}$, где: $\Phi_{\text{л}}$ – световой

поток выбранной лампы, лм;

K_3 – коэффициент запаса (по ВСН и СНиП для газоразрядных ламп принимается равным 1,5).

Полученные значения освещенности E необходимо сравнить с нормированным значением E_n и если $E < E_n$, то следует уточнить световой поток лампы. По результатам расчета выбирается лампа, значение светового потока которой близко к расчетному в пределах от -10 до +20%.

Численные примеры расчета прямой составляющей горизонтальной освещенности по изложенной выше методике для схем расположения светильников по рис.14 приведены ниже.

Задания:

Задание №1

Рассчитать прямую составляющую горизонтальной освещенности дорожного покрытия консольными светильниками установленными под углом $\theta=15^\circ$ к горизонту на высоте $H=10$ м над уровнем покрытия. Ширина проезжей части $b=12$ м; расстояние между светильниками $L=30$ м. Светильник типа ЖКУ-001-250 с лампой SON-E-250 (номинальный поток $\Phi_{\text{л}}=28000$ лм); коэффициент запаса $K_3=1,5$. Кривая силы света (КСС) светильника аппроксимируется выражением:

$$I_{\alpha} = \frac{260 \cos \alpha}{\cos[75^\circ \sin^{1,5}(1,2\alpha)]}, \quad \text{где } \alpha_i = \arctg \frac{d_i}{H}.$$

Практическая работа №5. Системы и виды освещения. Расчет качественных показателей осветительных установок.

Цель: Приобрести навыки расчета качественных показателей осветительных установок

Основы теории:

Коэффициенты пульсации светового потока источников света $K_{П.Н.}$ и освещенности $K_{П.}$ на рабочих местах определяются по формуле:

$$K_{П.Н.} = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{2\Phi_{\text{ср}}}; \quad K_{П.} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}},$$

где $\Phi_{\max}$, $\Phi_{\min}$, $\Phi_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значение светового потока за период колебания; $E_{\max}$, $E_{\min}$, $E_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебания.

Ограничение значений $K_{П.Н.}$ и $K_{П.}$ может быть достигнуто применением специальных схем включения источников света в светильнике или расфазированием светильников в осветительной установке. Зависимость $K_{П.Н.}$ и $K_{П.}$ от упомянутых факторов приведена в табл.22.

Ограничение коэффициента пульсации освещенности $K_{П.}$ на рабочих местах достигается:

1. В двух- и четырехламповых светильниках с ЛЛ применением компенсированных пускорегулирующих аппаратов (ПРА), когда питание одной половины ламп в светильнике осуществляется отстающим током, а другой половины опережающим (светильники с расщепленной фазой).
2. Поочередным присоединением соседних светильников в ряду или соседних рядов к различным фазам сети.
3. Установкой в одной световой точке двух или трех светильников с ГЛВД типов ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, присоединенных к разным фазам сети.
4. Питанием различных ламп в многоламповых светильниках с ЛЛ от разных фаз сети.

Зависимость нормированного значения $K_{П.}$, % от количества светильников в световой точке, подключенных к разным фазам приведена в табл.23.

Типы лампы (ЛЛ и ГЛВД)	Значения $K_{п.н.}$, % от			
	одной лампы	установленных в одной световой точке		
		Двух ламп при схеме питания отстающим и опережающим током	Двух ламп, питаемых от разных фаз	Трех ламп, питаемых от разных фаз
ЛБ, ЛТБ	25	10,5	10	2,2
ЛХБ	35	15	15	3,1
ЛДЦ	40	17	17	3,5
ЛД	55	23	23	5,0
ДРЛ	65	--	32	5,2
ДРИ (двух- компо-нент- ные)	45	--	23	3,5
ДНаТ	80	--	39,5	6,3
ДКаТ	130	--	65	5,0

Тип ГЛВД	Количество светильников в све- товой точке, подключенных к разным фазам	Нормированное значение $K_{л}$, %, не более			
		10	15	20	30
ДРЛ	2	-	-	-	+
	3	+	+	+	+
ДРЛ (двух- ком-понент- ные)	2	-	-	-	+
	3	+	+	+	+
ДНаТ	2	-	-	-	-
	3	+	+	+	+

Условия, при которых соблюдаются нормированные значения коэффициента пульсации освещенности, отмечены в табл. 23 знаком «+».

Для вычисления $K_{п}$ в той точке расположения рабочих мест, где упомянутый коэффициент пульсации освещенности имеет максимальное значение, сначала отдельно определяются относительные освещенности, создаваемые светильниками, питаемые от каждой из трех фаз. Наибольшее из полученных значений принимается за 100 %, а остальные вы-

ражаются в долях от него. Соответственно полученным долям по табл. 24 и табл. 25, соответственно для ОУ с ЛЛ и ОУ с ГЛВД, определяется $K_{П\text{ табл}}$, которое представляет собой пульсацию освещенности в ОУ, если лампы имеют условный $K_{П.Н.}=100\%$.

Коэффициент пульсации в ОУ с источником света, реальная пульсация светового потока которого $K_{П.Н.}\neq 100\%$ определяется по формуле:

$$K_{П} = \frac{K_{П.Н.} \cdot K_{П.табл.}}{100\%}.$$

Задания:

Задание №1

Помещение освещается одноламповыми светильниками с ГЛВД типа ДНаТ, включенными поочередно в три фазы ($K_{П.Н.}=80\%$ по табл.25). Определить $K_{П}$ в расчетной точке ОУ, если лампы, включенные в разные фазы питающей сети, создают в этой точке соответственно освещенности 3000, 1200 и 600 лк.

Задание №2

В помещении размером 32х20 м, высотой 7,6 м на потолке установлены светильники ЖСП-49-400-003 прямого света, имеющие к.п.д. 78% и силу света $I_0 = 6960$ кд. Определить на какую горизонтальную освещенность должно быть рассчитано освещение помещения, чтобы получить цилиндрическую освещенность $E_{Ц} = 150$ лк. Коэффициенты отражения стен и пола соответственно равны 0,5 и 0,3.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Канатенко, М. А. Основы светотехники : учебное пособие / М. А. Канатенко. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 138 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102942.html>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Дробов, А. В. Электрическое освещение: учебное пособие / А. В. Дробов. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 220 с. — ISBN 978-985-503-726-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84931.html>

2. Ключкова, Н. Н. Электрическое освещение : учебное пособие / Н. Н. Ключкова, А. В. Обухова. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 95 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91159.html>

5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электрическое освещение».

2. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электрическое освещение».

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

Содержание

Введение

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электрическое освещение»
- 2 План-график выполнения самостоятельной работы
- 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
- 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электрическое освещение»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;
- выполнение курсового проекта.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-З _{ПК-1} Обосновывает выбор параметров электрооборудования систем электроснабжения, учитывая технические ограничения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов Знает основные светотехнические величины, соотношение между световыми величинами, основы оптического излучения, качественные характеристики осветительных установок. Умеет применять теоретические навыки по размещению и расстановке светильников в освещаемом пространстве при внутреннем и наружном освещении, выбирать источники света и светильники в соответствии с технологическим процессом, видом зрительных работ, размером освещаемого помещения, нормируемой освещенности. Владеет навыками выбора оптимальных для рассматриваемой схемы электрической сети параметров для электрического освещения и пользования справочной литературой.

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
Очная форма обучения					
3 семестр					
ПК-1 ИД-3ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9	Собеседование	77,094	8,566	85,66
	Подготовка к лекциям	Собеседование	1,296	0,144	1,44
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	2,61	0,29	2,9
Итого за 3 семестр:			81	9	90
Итого:			81	9	90
Заочная форма обучения					
3 семестр					
ПК-1 ИД-3ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-9	Собеседование	121,32	13,48	134,8
	Подготовка к лекциям	Собеседование	0,36	0,04	0,4
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	0,72	0,08	0,8
Итого за 3 семестр:			122,4	13,6	136
Итого:			122,4	13,6	136

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
3 семестр			
1.	Практическое занятие № 2	6 неделя	25
2.	Практическое занятие № 4	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 5	16 неделя	15
	Итого за 3 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставяемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Рейтинговая система успеваемости студентов не предусмотрена для заочной формы обучения.

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

1. Устройство, принцип преобразования электроэнергии в видимый свет и область применения ламп накаливания (ЛН).
2. Устройство, принцип преобразования электроэнергии в видимый свет и область применения ламп ДРЛ.
3. Устройство, принцип преобразования электроэнергии в видимый свет и область применения ламп ЛЛ.
4. Устройство, принцип преобразования электроэнергии в видимый свет и область применения ламп ДНаТ.
5. Устройство, принцип преобразования электроэнергии в видимый свет и область применения МГЛ ламп.
6. Принцип классификации ОН.
7. Объяснить значение букв и цифр в шифре ОН.
8. Нормируемые показатели ОУ (освещенность, защитный угол, коэффициент пульсации светового потока, показатель дискомфорта).
9. Системы освещения.

10. Виды освещения.
11. Выбор светильников в зависимости от требований к ОУ и окружающей среды.
12. Какие исходные данные необходимы для начала электрического и светотехнического расчетов?
13. Метод удельной мощности: порядок расчета, справочная информация, точность расчета, область применения.
14. Метод коэффициента использования светового потока: порядок расчета, справочная информация, точность расчета, область применения.
15. Точечный метод: порядок расчета, справочная информация, точность расчета, область применения.
16. Как определить расчетную нагрузку от освещения?
17. Принцип разбиения ИС на группы, порядок чередования фаз при подключении ОП,
18. Определение рабочего длительно допустимого тока в:
 19. - трехфазной сети с нулем и без нуля при равномерной нагрузке фаз;
 20. - двухфазной сети с нулевым проводом при равномерной нагрузке фаз; двухпроводной сети;
 21. для каждой из фаз двух- и трехпроводной сети с нулем при любой нагрузке фаз.
22. Проверка выбранных сечений по условию нагрева ТКЗ.
23. Определение потери напряжения в осветительной сети.
24. Аппараты защиты в осветительных сетях - типы, условия выбора.
25. Наиболее распространенные схемы питания ОУ.
26. КРМ в осветительных сетях: определение мощности КУ, принцип исполнения.
27. Наиболее распространенные ИС и ОП для установок НО.
28. Определение числа и мощности ИС для НО.
29. Устройство сетей НО.
30. Схемы питания сетей НО.
31. Дайте определение лучистой энергии и лучистого потока. Как выражается лучистый поток аналитически? В каких единицах он измеряется?
32. Каково распределение чувствительности глаза? Каковы ее спектральные границы и положение максимума при дневном зрении?
33. Дайте определение светового потока и его аналитическое выражение.
34. Дайте определение силы света и единицы для ее измерения.
35. Как связаны между собой сила света и световой поток?
36. Как характеризуется поверхностная плотность светового потока?

37. Что такое освещенность и светимость? Как они связаны между собой? Единицы их измерения.
38. Что такое яркость? В чем ее отличие от светимости? Единицы измерения яркости.
39. Чем характеризуются световые свойства тел? Что такое коэффициенты отражения, пропускания, поглощения? Как они связаны между собой?
40. Какие существуют методы измерения световых характеристик источников света и осветительных приборов?
41. В чем состоят преимущества и недостатки физической фотометрии по сравнению со зрительной фотометрией?
42. Как измеряется освещенность?
43. Как измеряется яркость?
44. Что такое вентильный фотоэлемент, его назначение и устройство.
45. Устройство и назначение люксметра.
46. Что понимается под тепловым излучением?
47. Что понимается под коэффициентом излучения?
48. Назначение, конструкция, световые и электрические характеристики ламп накаливания.
49. Что такое люминесценция?
50. Как протекает электрический разряд в газах и парах металлов?
51. Начертите вольт-амперную характеристику газоразрядного источника света.
52. На чем основано изменение и исправление спектра (цвета свечения) газоразрядных ламп?
53. Как влияет изменение напряжения в сети на работу ламп накаливания и газоразрядных (люминесцентных) ламп?
54. Нарисуйте схему включения люминесцентной лампы в сеть.
55. Каковы основные конструктивные части светильников?
56. Что такое осветительная арматура и ее назначение?
57. Назовите основные светотехнические характеристики светильников.
58. Что положено в основу светотехнической классификации светильников?
59. Какое значение имеет, классификация светильников по степени защиты от воздействия окружающей среды?
60. Как делятся светильники по способу установки?
61. Назовите основные типы светильников с люминесцентными лампами, нашедшими наиболее широкое применение в практике промышленного освещения.
62. Что собой представляет прожектор и его назначение?

63. В чем заключается задача нормирования осветительных установок?
64. Чем определяется уровень чувствительности глаза?
65. Что называется пороговой разностью яркости?
66. Как определяется пороговый контраст?
67. Что называется блескостью и ослепленностью? В чем их вредность?
68. Что вы понимаете под плантацией глаза?
69. Какое значение имеет равномерность освещения?
70. Когда в нашей стране были введены Правила искусственного освещения
71. Назовите основные факторы, определяющие видимость объекта.
72. Как ведется нормирование освещенности разных объектов (помещений, улиц и т. п.)?
73. Какие факторы влияют на колебание освещенности рабочей поверхности?
74. Что вы понимаете под коэффициентом пульсации освещенности?
75. Каковы задачи проектирования осветительных установок?
76. Какие вопросы решаются на различных стадиях проектирования?
77. Из чего должны состоять технические проекты и рабочие чертежи?
78. Внимательно рассмотрите и начертите условные обозначения, используемые на чертежах.
79. Из каких разделов состоит пояснительная записка к рабочим чертежам?
80. На какой стадии проектирования составляется смета?
81. Рассмотрите различные типы источников света, выпускаемых промышленностью, с технико-экономической стороны, сопоставляя их светотехнические характеристики.
82. Для освещения каких мест используются лампы ДРЛ?
83. При какой температуре окружающей среды обеспечивается устойчивость работы люминесцентных ламп?
84. Какие системы освещения вы знаете? В чем их отличие?
85. Что такое коэффициент запаса, вводимый к нормированной освещенности при расчете мощности источника света?
86. Назовите основные условия выбора светильника.
87. Какие существуют способы размещения светильников общего освещения?
88. Что вы понимаете под питающими и групповыми линиями электрической сети и как они выполняются?
89. Для чего применяется аварийное освещение? Назовите источники питания аварийного освещения.

90. Чем определяется выбор напряжения для осветительной установки?
91. Какими соображениями следует руководствоваться при выборе числа и размещения групповых щитков?
92. Назовите причины, обуславливающие снижение освещенности на рабочих местах.
93. В чем заключается задача светового расчета осветительной установки?
94. Чем определяется прямая и отраженная составляющие освещенности?
95. Что характеризует коэффициент использования осветительной установки?
96. В чем заключается упрощенный способ расчета коэффициента использования осветительной установки?
97. Как производится расчет освещенности от прожектора заливающего света?
98. В чем состоит особенность расчета освещенности от несимметричных светильников?
99. Какие цели ставятся при расчете электрических осветительных сетей?
100. Какие нормы допустимых уровней напряжения установлены правилами устройства электроустановок (ПУЭ) для электрических осветительных сетей внутри производственных и общественных зданий, в сетях наружного освещения, аварийного освещения и освещения жилых зданий?
101. Как определяются полные располагаемые потери напряжения на стропе низкого напряжения трансформаторной подстанции?
102. Как определяются расчетные потери напряжения в сети от щита низкого напряжения трансформаторной подстанции до наиболее удаленной лампы?

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Канатенко, М. А. Основы светотехники : учебное пособие / М. А. Канатенко. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 138 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102942.html>

Перечень дополнительной литературы:

1. Дробов, А. В. Электрическое освещение: учебное пособие / А. В. Дробов. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 220 с. — ISBN 978-985-503-726-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84931.html>

2. Ключкова, Н. Н. Электрическое освещение : учебное пособие / Н. Н. Ключкова, А. В. Обухова. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 95 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91159.html>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электрическое освещение».

2. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электрическое освещение».

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks