

3315

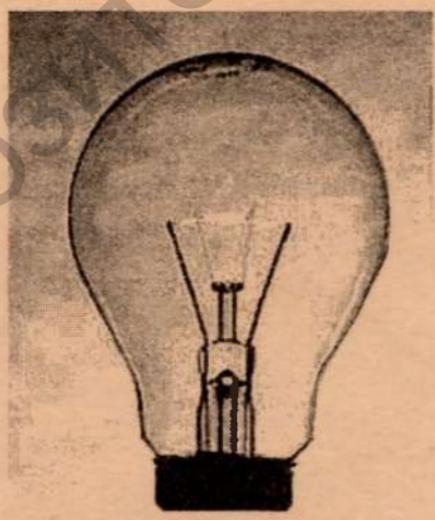


Министерство образования  
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.Б. Козловская  
В.Н. Радкевич  
В.Н. Сацукевич

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ



Минск 2008

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

В.Б. Козловская  
В.Н. Радкевич  
В.Н. Сацкевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области энергетики и энергетического оборудования  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов специальности 1-43 01 03  
«Электроснабжение (по отраслям)»*

Минск 2008

УДК 621.32 (075.8)

ББК 31.294 я7

К 59

Рецензенты:  
И.В. Новаш, М.И. Фурсанов

**Козловская, В.Б.**

К 59 Проектирование систем электрического освещения: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: БНТУ, 2008. – 133 с.

ISBN 978-985-479-812-7.

В пособии содержатся основные положения и рекомендации по проектированию электрического освещения производственных объектов. Рассмотрены и систематизированы такие вопросы, как выбор источников света и осветительных приборов, светотехнический и электрический расчет сети освещения, конструктивное выполнение и защита осветительной сети. Отдельно рассмотрены вопросы, связанные с проектированием освещения в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

Предлагаемый материал базируется на действующей нормативной и справочной информации, а наиболее сложные расчеты иллюстрируются примерами. В приложении приводятся справочные материалы, необходимые при проектировании электроосвещения.

УДК 621.32 (075.8)

ББК 31.294 я7

ISBN 978-985-479-812-7

© Козловская В.Б.,  
Радкевич В.Н.,  
Сацукевич В.Н., 2008  
© БНТУ, 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Для нормального функционирования производственных объектов необходимы осветительные установки, создающие электрическое освещение при отсутствии или недостатке естественного света. От уровня освещенности в значительной степени зависят производительность труда, качество выполнения работы и безопасность работающих. Правильно выполненное электрическое освещение должно обеспечивать нормальную величину освещенности в зависимости от условий работы, требуемую направленность света и при необходимости цветопередачу. Весьма важно, чтобы уровень освещенности сохранялся постоянным в течение определенного времени. В связи с этим должно быть обеспечено надлежащее качество электроснабжения осветительных установок и исключено негативное воздействие на них окружающей среды, а также производственной деятельности.

При проектировании и устройстве электрического освещения необходимо создавать экономичные, надежные, безопасные и удобные в эксплуатации осветительные установки, монтаж которых можно производить индустриальными методами. От принятых проектных решений зависят стоимость осветительной установки, эксплуатационные издержки, расход электроэнергии на освещение, а также эстетическое восприятие производственной обстановки. Проект осветительного электрооборудования должен быть увязан с проектами электроснабжения, силового электрооборудования, строительной и технологической части производственного объекта.

Для решения задачи создания эффективной системы электрического освещения инженер должен обладать соответствующими теоретическими знаниями и уметь их использовать в своей проектной деятельности.

Важным этапом подготовки специалистов является учебное проектирование, в ходе которого вырабатываются практические навыки решения инженерных задач. Данное пособие предназначено в первую очередь для оказания помощи студентам специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» при изучении дисциплины «Проектирование систем электрического освещения», а также в процессе курсового и дипломного проектирования осветительных установок промышленных предприятий. В то же время оно может быть использовано и студентами других специальностей при изучении дисциплин, в которых рассматриваются вопросы электрического освещения.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую признательность канд. техн. наук, доценту И.В. Новашу и д-р техн. наук, профессору М.И. Фурсанову за проделанную работу по рецензированию данного пособия, которая несомненно способствовала улучшению его содержания.

## ВВЕДЕНИЕ

Строительство, реконструкция и расширение производственных объектов осуществляется на основе проектов, в которых содержится электрическая часть, включающая в себя электроснабжение, силовое и осветительное электрооборудование.

Разработка проектной документации может вестись в одну или две стадии. В состав проектной документации при двухстадийном проектировании входят архитектурный и строительный проекты, а при одностадийном – строительный проект с выделением утверждаемой архитектурной части.

Как правило, разработку проектной документации следует выполнять в две стадии. При этом архитектурный проект, разрабатываемый на первой стадии, является документацией, обеспечивающей представление о материальном образе объекта, его территориальном размещении, физических параметрах, художественно-эстетических качествах и технико-экономических показателях. Для объектов производственного назначения в составе архитектурного проекта предусматривается раздел «Инженерное оборудование, сети и системы», в котором должны содержаться основные решения по электроснабжению, электрооборудованию, электрическому освещению, молниезащите, диспетчеризации и автоматизации управления инженерными сетями. В число основных графических документов архитектурного проекта входят принципиальные схемы электроснабжения, планы и профили инженерных сетей, планы и схемы электроснабжения и электрооборудования.

На второй стадии на основе утвержденных архитектурного и градостроительного проектов, а также проведения инженерных изысканий и научно-технических исследований разрабатывается строительный проект. Состав проекта должен соответствовать составу рабочей документации на строительство объектов, определяемому межгосударственными и национальными стандартами, он уточняется заказчиком и разработчиком в договоре на проектирование. В строительный проект в виде отдельных разделов входит рабочая документация электрической части проектируемого объекта, включающая рабочие чертежи, эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий, опросные листы, спецификации и т.д. В проекте для каждого электроприемника должно быть указано его месторасположение на плане

с подводкой питания, дается схема управления им, разрабатывается защита от токов аномальных режимов, составляется монтажная схема.

Одностадийное проектирование может выполняться для технически несложных объектов, а также строящихся по проектам массового и повторного применения. В этом случае строительный проект помимо рабочей документации содержит утверждаемую архитектурную часть, разрабатываемую в сокращенном объеме по отношению к составу архитектурного проекта.

Исходными данными при проектировании осветительного оборудования являются: детальная планировка по всем отметкам здания, включая площадки и подвалы; высота и назначение помещений; особенности строительных конструкций; расположение (а иногда и конструкция) технологического оборудования; размещение и размеры устройств вентиляции, водопровода, канализации и отопления; условия окружающей среды в помещениях; число работающих в помещениях; виды работ; сведения о рабочих поверхностях; отражающие способности стен и потолков; наличие в помещении естественного освещения; число и длительность рабочих смен; параметры источников питания (напряжение на шинах, удаленность, номинальная мощность, коэффициенты загрузки трансформаторов) и т.п.

Проектные решения освещения для разных объектов часто повторяются, поэтому можно принимать апробированные решения.

Нет необходимости подробно изучать производство, конструкцию станков и другого оборудования, так как в них есть устройства местного освещения.

При проектировании реконструкции освещения действующего предприятия все исходные данные можно получить у заказчика. В случае разработки проекта нового объекта проектировщикам приходится работать в условиях параллельного проектирования, когда все виды проектных работ ведутся одновременно и заканчиваются в один срок. В этих условиях работу ведут по предварительным или промежуточным чертежам, корректируя ее по мере уточнения заданий.

В учебном проектировании исходная информация собирается в ходе производственной практики или принимается в соответствии с заданием.

Проектирование освещения можно разделить на три части: светотехническую, электротехническую и составление смет и спецификаций.

Светотехническая и электротехническая части разрабатываются комплексно. В светотехнической части производится выбор систем

и видов освещения, источников света, типа и высоты подвеса светильников, производится их размещение и т.д. В электротехнической части основными вопросами являются размещение магистральных и групповых щитков, трассировка и компоновка групповых линий, расчет сечений проводников, выбор защитных аппаратов в осветительных щитках, способов управления освещением и обслуживания осветительных приборов.

В курсовом и дипломном проектировании промышленных объектов в пояснительной записке обосновываются принятые решения по искусственному освещению, приводятся требуемые текстовые и графические материалы, светотехнические и электрические расчеты.

Пояснительная записка должна быть лаконичной. В ней не следует давать описания конструктивного исполнения элементов осветительных установок, приводить паспортные данные заводских изделий, сведения из нормативно-технической документации и научно-технической литературы. При необходимости в тексте пояснительной записки даются ссылки на соответствующие литературные источники.

Итоговые данные наносятся на чертежи.

В данном пособии приводятся основные теоретические положения, типовые расчеты и справочные данные, которые могут быть полезными в процессе проектировании осветительных установок производственных объектов.

## 1. ВИДЫ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В соответствии с [2] искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Рабочее освещение предназначено для создания нормальной освещенности на рабочих местах.

Аварийное освещение обеспечивает требуемую освещенность при внезапном отключении рабочего освещения. Данный вид освещения разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности следует предусматривать в тех случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, угрозу жизни и здоровью людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы ответственных объектов (электростанции, компрессорные, насосные, вентиляционные установки и т.п.);
- нарушение режима детских учреждений независимо от числа находящихся в них детей.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;
- на лестничных клетках жилых домов, имеющих шесть и более этажей;
- в помещениях общественных зданий, административных и бытовых зданий промышленных предприятий, если там одновременно могут находиться более 100 человек;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, выход которых при отключенном рабочем освещении связан с опасностью травматизма;
- в производственных помещениях без естественного света.

В большинстве случаев в помещениях устраивается какой-либо один вид аварийного освещения. Если это освещение безопасности,

то должна быть обеспечена освещенность рабочих поверхностей путем установки светильников равномерного, локализованного или местного освещения. Но при размещении светильников следует учитывать необходимость освещения проходов.

При выполнении эвакуационного освещения обычно ограничиваются установкой светильников только по линии основных проходов.

Для аварийного освещения либо устанавливаются дополнительные светильники, либо используется часть светильников рабочего освещения, которые питаются от другого источника или при исчезновении напряжения переключаются на резервный источник.

В общественных, административных и бытовых зданиях предприятий выходы из помещений, где могут находиться одновременно более 100 человек, а также выходы из производственных помещений без естественного света, где могут находиться одновременно более 50 человек, или имеющих площадь более 150 м<sup>2</sup>, должны быть отмечены указателями.

Указатели выходов могут быть световыми, со встроенными в них источниками света, присоединяемыми к сети аварийного освещения, и без источников света при условии, что обозначение выхода (надпись, знак) освещается светильниками аварийного освещения. Указатели должны устанавливаться на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворотов коридоров.

Освещение безопасности должно обеспечивать не менее 5 % освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк на территориях предприятий. При этом внутри зданий освещенность должна быть не более 30 лк – при разрядных лампах и не более 10 лк – при лампах накаливания.

Эвакуационное освещение должно создавать наименьшую освещенность 0,5 лк на полу основных проходов в помещениях, а на открытых территориях – 0,2 лк (или на земле).

Светильники освещения безопасности в помещениях могут использоваться и для эвакуационного освещения.

Для аварийного освещения можно применять:

- 1) лампы накаливания;
- 2) люминесцентные лампы – в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 5 °С при условии питания ламп во всех режимах напряжением не ниже 90 % номинального;

3) разрядные лампы высокого давления при условии их мгновенного или быстрого повторного зажигания как в горячем (после кратковременного отключения питающего напряжения), так и в холодном состоянии.

Световые приборы как освещения безопасности, так и эвакуационного освещения допускается предусматривать горящими, включаемыми одновременно со световыми приборами рабочего освещения, а также не горящими, автоматически включаемыми при прекращении питания рабочего освещения.

Отметим, что если для аварийного освещения используются светильники с газоразрядными лампами, то их, как правило, выделяют из состава светильников рабочего освещения, подключая к независимому источнику питания.

Охранное освещение является разновидностью рабочего освещения и устраивается по периметру территории, охраняемой в ночное время. Оно должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на вертикальной плоскости (с соответствующей стороны).

Под дежурным понимается освещение в нерабочее время. Область применения, величины освещенности, требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Внутри помещений по способу размещения светильников и распределению освещенности различают следующие системы искусственного освещения: общее и комбинированное.

Общим называется освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения, как занятую оборудованием или рабочими местами, так и вспомогательную. В зависимости от расположения светильников различают равномерное и локализованное общее освещение. При общем равномерном освещении светильники располагаются в верхней зоне помещения равномерно, обеспечивая тем самым одинаковую освещенность всего помещения. Оно применяется, как правило, когда расположение рабочих зон при проектировании неизвестно, либо при гибкой планировке. При общем локализованном освещении светильники размещают с учетом расположения технологического оборудования, создавая на отдельных поверхностях требуемый уровень освещенности.

Комбинированная система освещения состоит из общего и местного освещения. Общее освещение предназначено для освещения проходов и

участков, где работы не производятся, а также для выравнивания яркости в поле зрения работающих. Местное освещение обеспечивается светильниками, располагаемыми непосредственно на рабочих местах.

Нормы освещенности при использовании естественного и искусственного освещения промышленных помещений, работ на открытом воздухе, общественных и жилых зданий, улиц, дворов и площадей населенных пунктов регламентированы [2, 5, 7]. Они установлены на основе классификации по некоторым количественным признакам. Основным признаком, определяющим разряд работ, является размер различаемых деталей.

Основные нормы освещенности относятся к установкам с газоразрядными источниками света. Для случая применения ламп накаливания устанавливаются пониженные значения освещенности, исходя из необходимости экономии электроэнергии.

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего периода промышленной эксплуатации осветительной установки. Однако из-за старения и загрязнения ламп, светильников и поверхностей помещения уровень освещенности со временем снижается. Это необходимо учитывать при проектировании осветительной установки, поэтому начальная освещенность должна быть несколько больше нормированной, что достигается введением коэффициента запаса  $K_z$ , значения которого также регламентированы [2]. В зависимости от типа ламп и светильников, наличия пыли и других загрязнений в помещении, способа обслуживания и длительности эксплуатации значение коэффициента  $K_z$  обычно принимается в пределах 1,4–1,7 (табл. 1.1).

Нормы освещенности для различных помещений и производственных участков приведены в табл. III.

Таблица 1.1

Значение коэффициента запаса  $K_z$ , учитывающего снижение освещенности в процессе эксплуатации осветительного прибора

Тип помещения	Коэффициент запаса $K_z$
1	2
Цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов, агломерационные фабрики	1,7
Цеха кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона, цеха химических заводов по выработке кислот, щелочей, удобрений; цеха гальванических покрытий и электролиза	1,6

1	2
Цеха инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,4
Территории металлургических, химических, горнодобывающих и других промышленных предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций; территории общественных зданий	1,5
Горячие цеха предприятий общественного питания, помещения прачечных, душевые	1,6
Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные классы, читальные и торговые залы	1,4
Улицы, площади, парки, пешеходные и транспортные тоннели	1,5

**Примечание.** Значения коэффициентов запаса приведены для газоразрядных источников света. При использовании ламп накаливания указанные коэффициенты следует умножать на 0,85.

## 2. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Наиболее распространенными источниками света, применяемыми в осветительных установках, являются лампы накаливания (ЛН), люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления, а также дуговые лампы высокого давления – ртутные люминесцентные (ДРЛ), ксеноновые трубчатые (ДКсТ), металлогалогенные с излучающими добавками (ДРИ) и натриевые трубчатые (ДНаТ) [18, 19].

Весьма перспективными представляются так называемые твердотельные источники света – светоизлучающие диоды [21, 22]. Они могут использоваться в сигнальных и индикаторных устройствах, светофорах, цветových рекламных устройствах, архитектурном и т.п. освещении, а также для освещения таких помещений, как коридоры, кабины лифтов, кранов и т.п.

При выборе источников света следует учитывать их срок службы, световую отдачу, цветопередачу, а также ряд других характеристик. Некоторые данные электрических ламп общего назначения приведены в табл. 2.1.

К основным достоинствам ламп накаливания следует отнести невысокую стоимость, удобство и простоту эксплуатации, наличие разнообразных конструкций на разные напряжения и мощности, возможность работы как на переменном, так и на постоянном токе, а также отсутствие пульсации светового потока.

## Сравнительные характеристики ламп общего назначения

Тип ламп (источника света)	Номинальная мощность, Вт	Средняя про- должительность горения, ч	Световая отдача, лм/Вт
Лампы накаливания	15–1500	1000	10–20
Люминесцентные лам- пы низкого давления	7–80	6000–15000	35–80
Дуговые ртутные лампы типа ДРЛ	125–1000	12000–20000	40–60
Металлогалогенные лампы типа ДРИ	125–3500	3000–10000	55–100
Натриевые лампы высокого давления типа ДНаТ	50–1000	10000–20000	80–125
Ксеноновые трубчатые лампы	2000–50000	400–1350	20–50

Недостатками этого вида источников света являются низкие значения световой отдачи и средней продолжительности горения, невысокий уровень цветопередачи (кроме галогенных), недостаточная механическая прочность и чувствительность к колебаниям напряжения.

Газоразрядные лампы имеют высокую световую отдачу, достаточно большой срок службы, а также хорошие уровни цветопередачи (особенно у люминесцентных ламп низкого давления и ламп типа ДРИ), что является их несомненным достоинством.

Однако, следует иметь в виду, что все газоразрядные лампы при питании переменным током дают световой поток, пульсирующий с удвоенной частотой тока, что вызывает повышенную утомляемость глаз и может приводить к возникновению стробоскопического эффекта, который заключается в следующем. Если включить одну лампу в сеть переменного тока и наблюдать за каким-либо вращающимся или движущимся предметом, то при определенной частоте его вращения может создаться иллюзия, что предмет вращается в противоположном направлении или находится в неподвижном состоянии. При перемещении объекта с постоянной скоростью создается неверное представление, что он движется как бы скачкообразно.

Стробоскопические явления вредны для зрения и особенно опасны в производственных условиях, так как могут быть причиной травматизма. Для устранения явлений стробоскопии могут применяться многоламповые светильники с пускорегулирующими аппаратами, создающими искусственный сдвиг фазы напряжения переменного тока, электронные пускорегулирующие аппараты, специальные схемы включения газоразрядных ламп, а также подключение соседних светильников к разным фазам трехфазной сети [2, 8, 17].

Выбор типа источника света определяется следующими основными факторами [17, 22]:

- электрическими характеристиками (напряжением, мощностью, родом тока, силой тока);
- функциональными светотехническими параметрами (световым потоком, силой света, цветовой температурой, спектральным составом излучения);
- конструктивными параметрами (диаметром колбы, полной длиной ламп);
- средней продолжительностью горения;
- стабильностью светового потока;
- экономичностью (стоимостью и световой отдачей источника света).

С учетом указанных факторов в осветительных установках там, где это возможно, в первую очередь следует применять газоразрядные лампы высокого и низкого давления.

Применение газоразрядных ламп исключается, если питание установки осуществляется от сети постоянного тока или если возможно понижение напряжения более чем на 10 % от номинального. Необходимость быстрого включения ламп после кратковременного исчезновения напряжения не позволяет применять лампы ДРЛ и ДРИ. При температуре окружающей среды ниже +5 °С освещение с помощью люминесцентных ламп в ряде случаев может оказаться малоэффективным. Для местного освещения применяют лампы накаливания на напряжении 12–42 В. Лампы общего освещения питаются, как правило, на напряжении 230 В.

Важное значение при выборе источников света имеют их цветопередача и экономичность. В некоторых отраслях промышленности, таких как машиностроение, металлургия и др., в большинстве производственных помещений, как правило, не предъявляются жесткие требования к цветопередаче источников света. Основное требование

к искусственному освещению в данном случае сводится к различению окружающих предметов и лиц людей, работающих в данном помещении, а не к правильной цветопередаче. Поэтому в помещениях, в которых необязательно обеспечивать высокий уровень цветопередачи, при выборе ламп для освещения решающую роль играют технико-экономические характеристики источников света.

Когда к цветопередаче предъявляются повышенные требования и необходимо, чтобы цвета воспринимались как при дневном свете (цеха швейных и меховых фабрик, магазины тканей и верхней одежды, музеи и выставки), применение ламп накаливания не обеспечивает желаемого результата. В таких случаях можно использовать люминесцентные лампы (кроме ЛТБ), которые значительно лучше осуществляют цветопередачу, чем лампы накаливания. Люминесцентные лампы по цветопередаче можно расположить в следующей очередности от лучших к худшим: ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛД, ЛХБ, ЛБ [8, 10].

Основным источником света для общего освещения производственных помещений являются газоразрядные лампы. Так как производственные помещения промышленных объектов имеют, как правило, значительную высоту, то для их освещения обычно применяются газоразрядные лампы высокого давления. В общественных зданиях и служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий чаще всего применяются люминесцентные лампы низкого давления.

На производственных объектах допустимо использовать лампы накаливания только в помещениях, где производятся грубые работы или осуществляется общий надзор за работой оборудования, особенно если эти помещения не предназначены для постоянного пребывания людей: подвалы, туннели, проходы между фундаментами машин, склады, вентиляционные установки и т.д. Эти лампы применяются также в тех случаях, когда использование газоразрядных ламп технически невозможно, например, если для данных условий среды выпускаются светильники только с лампами накаливания.

Определяющее значение при выборе типа источников света имеют высота помещения и требования к цветопередаче. При одном и том же уровне освещенности число светильников с люминесцентными лампами низкого давления всегда значительно больше, чем при использовании ламп типа ДРЛ. Повышенная трудоемкость обслуживания светильников со значительными габаритами особенно сказывается в высоких помещениях, заставляя уже по одной этой

причине отдавать предпочтение лампам типа ДРЛ или ДРИ. Следует учитывать также, что лампы типа ДРЛ имеют высокий коэффициент пульсации светового потока.

Применение люминесцентных ламп низкого давления может быть обосновано в помещениях высотой не более 6–8 м при повышенных требованиях к цветопередаче и выполнении работ высокой точности, при которых лампы типа ДРЛ противопоказаны. В таких случаях в основном применяются лампы типа ЛБ, как наиболее экономичные.

Газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ и ДРИ используются для освещения помещений высотой 6–20 м, а также для наружного освещения.

Натриевые лампы типа ДНаТ вследствие высокой пульсации их светового потока и специфического спектра оптического излучения, имеющего выраженную желто-оранжевую составляющую, для внутреннего освещения на промышленных предприятиях применяются ограниченно, в основном в сочетании с лампами типа ДРЛ и ДРИ. Основная область использования натриевых ламп – освещение территорий промышленных объектов, автострад, улиц, площадей и т.п.

Ксеноновые лампы предназначены для освещения больших открытых пространств (карьеров, мостов, погрузочно-разгрузочных площадок), архитектурных сооружений и т.д.

Основные технические характеристики наиболее распространенных в промышленном освещении источников света приведены в табл. 2.2–2.7.

Таблица 2.2

Технические данные ламп накаливания общего назначения

Тип лампы	Номинальные значения		
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
Б220-230-60	60	730	12,2
БК220-230-60		800	13,3
Б220-230-100	100	1380	18,8
БК220-230-100		1500	15,0
Г220-230-150	150	2090	13,9
Г220-230-200	200	2950	14,7
Г220-230-300	300	4850	16,1
Г220-230-500	500	8400	16,8
Г220-230-1000	1000	18800	18,8

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальные значения			Продолжительность горения, ч	
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	средняя	минимальная
ЛБ40	40	3200	80,0	15000	6000
ЛБ65	65	4800	73,9	15000	6000
ЛБ80	80	5400	67,5	12000	4800

Таблица 2.4

Технические данные энергоэкономичных люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальные значения			Продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ЛБ18	18	1250	69,4	15 000
ЛДЦ18		850	47,2	
ЛБ36	36	3050	84,7	
ЛДЦ36		2200	61,0	
ЛБ58	58	4800	82,8	

Таблица 2.5

Технические данные ртутных ламп высокого давления общего назначения

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДРЛ250	250	13 500	54,0	12 000
ДРЛ400	400	24 000	60,0	15 000
ДРЛ700	700	41 000	58,6	20 000
ДРЛ1000	1000	59 000	59,0	18 000

Технические характеристики металлогалогенных ламп  
типа ДРИ общего назначения

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДРИ125	125	8 300	66,4	3000
ДРИ175	175	12 000	68,6	4000
ДРИ250	250	19 000	76,0	10000
ДРИ400	400	35 000	87,5	10000
ДРИ700	700	60 000	85,7	9000
ДРИ1000	1000	90 000	90,0	9000
ДРИ2000	2000	190 000	95,0	2000
ДРИ3500	3500	350 000	100,0	1500

Таблица 2.7

Технические характеристики ламп типа ДНаТ

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм	Светоотдача, лм/Вт	
ДНаТ70	70	5800	80	6000
ДНаТ100	100	9500	95	6000
ДНаТ150	150	14500	100	6000
ДНаТ250	250	25000	100	10000
ДНаТ400	400	47000	125	15000

### 3. ВЫБОР И РАЗМЕЩЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ

#### 3.1. Выбор светильников

В соответствии с ГОСТ 16703-79 световым прибором (СП) называют устройство, содержащее одну или несколько электрических ламп и светотехническую арматуру, перераспределяющее свет электрических ламп или преобразующее структуру света и предназначенное для освещения или сигнализации.

Различают следующие типы световых приборов: светильник, прожектор, проектор. Для систем внутреннего и наружного освещения промышленных предприятий в качестве световых приборов, как правило, применяются светильники.

Важнейшей светотехнической характеристикой светильника является кривая силы света (КСС), которая характеризует распределение светового потока по отдельным направлениям пространства. Существует семь типовых КСС: К – концентрированная; Г – глубокая; Д – косинусная; Л – полуширокая; Ш – широкая; М – равномерная; С – синусная [14]. Поскольку все многообразие светильников не всегда возможно описать типовыми КСС, то в ряде случаев указывается уточненное ее значение в зависимости от коэффициента формы и зоны возможных направлений максимальной силы света (например, Д-1, Д-2 и т.п.).

В некоторых светотехнических расчетах необходимо учитывать коэффициент полезного действия (КПД) светильника, который представляет собой отношение светового потока светильника к световому потоку его ламп.

Стационарные светильники подразделяют на подвесные, которые крепят к опорной поверхности снизу при помощи элементов подвеса высотой более 0,1 м; потолочные, которые крепят к потолку непосредственно или с помощью элементов крепления высотой не более 0,1 м; встраиваемые, которые крепят в отверстие в потолке, стене или встраивают в оборудование, и другие.

Конструкция светильника должна соответствовать условиям окружающей среды. Степень защиты оболочек светильников должна быть не ниже IP20 для внутреннего и IP53 – для наружного освещения.

Светильники, предназначенные для внутренней и наружной установки в местах, где могут возникать смеси горючих газов, паров или пыли с воздухом, способные взрываться при наличии источника зажигания, а также для подземных выработок шахт, в том числе опасных по газу или пыли, должны иметь взрывозащищенное исполнение.

В соответствии с ГОСТ 13828-74 светильникам присваивают условное обозначение следующей структуры:

[1] [2] [3] [4] - [5] x [6] - [7] - [8]

Здесь: 1 – буква, обозначающая источники света: Н – лампы накаливания общего назначения; С – лампа-светильник (зеркальные и диффузные); И – кварцевые галогенные лампы накаливания (ГЛН);

Л – прямые трубчатые ЛЛ; Ф – фигурные ЛЛ; Р – ртутные лампы типа ДРЛ; Г – ртутные лампы типа ДРИ; Ж – натриевые лампы типа ДНаТ; Б – бактерицидные лампы; К – ксеноновые трубчатые лампы.

2 – буква, обозначающая способ установки светильника: С – подвесной; П – потолочный; В – встраиваемый; Д – пристраиваемый; Б – настенный; Н – настольный, опорный; Т – напольный, венчающий; К – консольный, торцевой; Р – ручной; Г – головной.

3 – буква, обозначающая основное назначение светильника: П – для промышленных и производственных зданий; О – для общественных зданий; Б – для жилых (бытовых) помещений; У – для наружного освещения; Р – для рудников и шахт; Т – для кинематографических и телевизионных студий.

4 – число, обозначающее номер серии (от 01 до 99).

5 – обозначение числа ламп в светильнике, при этом для одноламповых это число не указывается и знак «х» не ставится, а мощность лампы указывается непосредственно после черточки.

6 – число, обозначающее мощность ламп в ваттах.

7 – число, обозначающее номер модификации светильника (от 001 до 999).

8 – буквы и числа, обозначающие климатическое исполнение и категорию размещения (например, УЗ – умеренный климат и эксплуатация в закрытых неотапливаемых помещениях; У4 – умеренный климат и эксплуатация в помещениях с искусственным регулированием климатических условий; УХЛ5 – умеренный и холодный климат и эксплуатация в особо сырых помещениях).

Технические характеристики основных светильников с лампами накаливания, люминесцентными лампами низкого давления, с лампами типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ для производственных помещений с нормальными и тяжелыми условиями среды даны в табл. 3.1–3.8.

Светильники серии ПВЛМ (табл. 3.2), предназначенные для общего освещения сырых и пыльных производственных помещений, имеют несколько иную структуру условного обозначения: ПВ – пылевлагозащищенный; Л – люминесцентный; М – модернизированный; ДО – особенности отражателя (Д – диффузный; О – с отверстиями в отражателе); 2 – число ламп; 40 – мощность одной лампы и последние две цифры – модификация светового прибора по способу установки (01 – на штанге; 02 – на потолке).

Таблица 3.1

Технические данные светильников с лампами накаливания  
для производственных помещений

Тип светильника	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
НПЮ3-100-001М	Д	75	IP64
НСП11-200-231		65	IP62
НСП11-500	М	77	IP52
НСП17-200-003-(103)	Л	80	IP20
НСП17-500-004-(104)	Г		5'0
НСП17-1000-004-(104)			
НСП21-100-001	Д	80	5'3
НСП22-500-111	К	70	5'0

Таблица 3.2

Технические данные светильников для производственных  
помещений с люминесцентными лампами

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм
ЛВП04-4x65-001	ЛБ65	Д	51	IP54	1630x545x405
ЛВП05-4x65-001			52		1630x545x435
ЛВП06-5x65-001			52		1630x545x440
ЛСП02-2x40-19-21	ЛБ40		70	IP20	1234x280x159
ЛСП02-2x65-01-03	ЛБ65		75		1534x280x159
ЛСП10-36	ЛБ36		Г, Л	84	IP65
ЛСП10-58	ЛБ58	1548x124x170			
ЛСП10-2x36	ЛБ36	1248x170x170			
ЛСП10-2x58	ЛБ58	1548x170x170			
ЛСП13-2x40-002	ЛБ40	IP20			
ЛСП13-2x65-003	ЛБ65		1546x480x156		
ЛСП18-18	ЛБ18	Д	70	5'4	720x152x204
ЛСП18-36	ЛБ36				1330x152x204
ЛСП18-58	ЛБ58				1630x152x204
ЛСП18-2x18	ЛБ18				720x270x204
ЛСП18-2x36	ЛБ36			1330x270x204	
ЛСП18-2x58	ЛБ58			1630x270x204	
ЛСП22-2x65-101	ЛБ65			5'0	1625x280x215
ПВЛМ-ДО-2x40-01	ЛБ40				75

Технические данные светильников  
для производственных помещений с лампами типа ДРЛ

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
РСП05-250	ДРЛ250	Д, Г	70	IP20
РСП05-400	ДРЛ400			
РСП05-700	ДРЛ700			
РСП05-1000	ДРЛ1000			
РСП08-250	ДРЛ250		75	IP54
РСП08-700	ДРЛ700		60	
РСП13-700	ДРЛ700		71	
РСП13-1000	ДРЛ1000		70	IP20
РСП18-250	ДРЛ250			
РСП18-400	ДРЛ400			
РСП18-700	ДРЛ700			
РСП18-1000	ДРЛ1000			

Таблица 3.4

Технические данные светильников  
для производственных помещений с лампами типа ДРИ

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Коэффициент мощности
1	2	3	4	5	6
ГСП01-125	ДРИ125	Д	60	IP54	0,50
ГСП04-250	ДРИ250	К, Г	60...65	IP23, IP54	0,45...0,85
ГСП04-400	ДРИ400	Г, Д	60...65	IP23, IP54	0,45...0,85
ГСП05-175	ДРИ175	М	70	IP54	0,85
ГСП07-175		К, Г	70...60	IP23, IP54	
ГСП09-700	ДРИ700	Г	70	IP23	
ГСП09-700			60	IP54	
ГСП09-1000			60	IP23	
ГСП09-1000			70	IP54	
ГСП15-400-101	ДРИ400		75	IP20, 5'0	0,32
ГСП15-400-102					
ГСП17-700-014	ДРИ700-5		70		
ГСП17-700-114					

1	2	3	4	5	6		
ГСП17-700-024	ДРИ700			IP20, 5'0	0,32		
ГСП17-700-124							
ГСП17-700-015							
ГСП17-700-115							
ГСП17-700-025							
ГСП17-700-125	ДРИ2000	К	70				
ГСП17-2000-014							
ГСП17-2000-024							
ГСП17-2000-015	ДРИ2000-6	Г			0,53		
ГСП17-2000-025							
ГСП18-250-004	ДРИ250-5	Д					
ГСП18-250-005							
ГСП18-250-006	ДРИ250-5	К	75	IP20	0,32		
ГСП18-400-004	ДРИ400-5	Д	70				
ГСП18-400-005	ДРИ400-5	Г	75				
ГСП18-400-006		К	75				
ГСП18-700-004		ДРИ700-5	Д			70	
ГСП18-700-005	ДРИ700-5	Г	75				
ГСП18-700-006		Г	75				
ГСП19-700	ДРИ1000-5	Г	60...70	IP23, IP54	0,85		
ГСП19-1000	ДРИ2000	К	60...70	IP23, IP54			
ГСП20-2000							

**Примечание.** Все светильники имеют класс светораспределения типа П (прямого света).

Таблица 3.5

**Технические данные светильников  
для производственных помещений с лампами типа ДНаТ**

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
1	2	3	4	5
ЖСП01-70	ДНаТ70	Д	60	IP54
ЖСП01-100	ДНаТ100			
ЖСП02-250	ДНаТ250	Г/Л	60...70	IP23, IP54
ЖСП02-400	ДНаТ400	Г/Л	60...70	IP23, IP54
ЖВП03/04-70	ДНаТ70	Д	60	IP65
ЖВП03/04-100	ДНаТ100	Д	60	IP65

1	2	3	4	5
ЖСП01-400-001	ДНаТ400-4	К	73	IP23
ЖСП01-400-002				IP53
ЖСП01-400-041				
ЖСП01-400-042				
ЖСП01-400-011		IP23		
ЖСП01-400-012				
ЖСП01-400-051				
ЖСП01-400-052		Г		
ЖСП02-70-113	ДНаТ70	Специальная	80	IP54
ЖСП02-250-121	ДНаТ250	Д	72	5'0
ЖСП04-250	ДНаТ250	Г, Д	60...65	IP23, IP54
ЖСП04-400	ДНаТ400	К, Г	60...65	IP23, IP54
ЖСП05-150	ДНаТ150	М	70	IP54
ЖСП07-150		К, Г	70...60	IP23, IP54
ЖСП09-1000	ДНаТ1000	Г	70	IP23
ЖСП09-1000		Г	60	IP54
ЖСП12-250	ДНаТ250	Д	70	IP54
ЖСП12-400	ДНаТ400	Д	70	IP54
ЖСП17-250	ДНаТ250	Г	65	IP54
ЖСП19-1000	ДНаТ1000	Г	60...70	IP23, IP54

**Примечание.** Класс светораспределения светильников – П, коэффициент мощности – 0,5.

Таблица 3.6

**Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с лампами накаливания**

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
НСП18Ех-111	60, 75, 100, 150, 200	Д	70	1Exdell
НСП21Ех-111	150, 200, 300		50	
НСП23	200		70	2Exdell
В4А-60	60		50	
ВЗГ-100	100		45	
ВГЗ/В4А-200МС	200		45/70	
Н4Б-300МА	300	Г/М	50/80	

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений  
с люминесцентными лампами типа ЛБ

Тип светильника	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты	Габаритные размеры, мм
Н4Т4Л-1х65-11	Д	60	2ExiI14	1695x205x390
Н4Т5Л-1х65-11	Д	60	2ExiI15	
Н4Т5Л-2х65-11	Д	55		
ЛСП-01-1х40	М	70	РВ 1ВА	1648x265x205
ЛПП05Ех-1х18(2х18)	М	70	1ExdeII	800x190x150
ЛПП05Ех-1х36(2х36)				1400x190x150
ЛПП05Ех-1х58(2х58)				1700x190x150
ЛСП03Ех-1х65(1х80)	М	72	2ExdeII	1695x113x390
ЛСП03Ех-2х65(2х80)	Д	62		1695x230x405

Таблица 3.8

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений  
с лампами типа ДРЛ

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
РСП11Ех	125	М	70	1ExdeII
РСП18Ех-111/112	80, 125			
РСП18Ех-221/222				
РСП18Ех-311/312				
РСП18Ех-511/512	125	Д	55	
РСП21Ех-111/231		М	50	
РСП21Ех-631/711		Д		
РВП(РПП)14 2Ех	250	Л	55	2ExdeII
Р017 2Ех		115/125	60	

Светильники с люминесцентными лампами рассчитаны на работу в сети переменного тока с номинальным напряжением 230 В, частотой 50 Гц с применением соответствующей пускорегулирующей аппаратуры.

Для указания путей эвакуации людей предназначены светильники с пиктограммой «Выход» типа ЛБ022-6 со степенью защиты IP54 с

люминесцентной лампой мощностью 6 Вт. Кроме того, светильники типа ЛБО укомплектованы автономным источником питания (аккумуляторной батареей) для работы в аварийных режимах. Светильники типа ЛБО (без пиктограмм) могут применяться также для освещения лестничных площадок, коридоров и т.п.

Встраиваемые светильники типа ЛВП04, ЛВП05, ЛВП06 могут использоваться для общего освещения производственных помещений, имеющих технический этаж, с которого и производится обслуживание светильников. Отметим, что светильники типа ЛВП04 могут устанавливаться в помещениях как с нормальной средой, так и с повышенной запыленностью или влажностью.

Светильники типа ЛВП05, ЛВП06 предназначены для общего освещения производственных помещений с нормальными условиями среды, а также помещений с технологическим микроклиматом. При этом рассеиватель светильника типа ЛВП06 может быть изготовлен из светотехнического органического стекла (модификация 001 и 002) или выполнен в виде светорассеивающей решетки из полистирола (модификация 003). Конструкция светильников предусматривает использование энергоэкономичных люминесцентных ламп мощностью 58 Вт.

В производственных помещениях с нормальными условиями окружающей среды используются светильники типа ЛСП02 и ЛСП13 которые могут устанавливаться либо по отдельности, либо стыковаться в непрерывную линию. При этом светильники ЛСП13 с КСС типа Л применяют для освещения относительно низких помещений (высотой до 4,5 м), в которых требуется создать высокие отношения вертикальной освещенности к горизонтальной, а также для локализованного освещения конвейеров с двухсторонним расположением рабочих мест. Светильники с КСС типа Г служат для освещения помещений высотой до 12 м и создания высоких уровней освещенности при хорошем качестве освещения. В частности, они могут использоваться для освещения механических, сборочных и т.п. цехов.

Для освещения сырых и пыльных производственных помещений применяются светильники типа ЛСП22. В обозначении модификации этого типа светильника: первая цифра означает наличие или вид отражателя (0 – без отражателя, 1 – отражатель без отверстий, 2 – отражатель с отверстиями); вторая – наличие экранирующей решетки (0 – без экранирующей решетки, 1 – с экранирующей решеткой); третья – способ установки светильников (1 – на штангах, 2 – на потолке) [8].

Светильники с газоразрядными лампами высокого давления для производственных помещений выпускаются унифицированными сериями на основе единого корпуса и отражателей различного профиля. Как правило, их выполняют подвесными.

Выбор светильников с газоразрядными лампами высокого давления зависит от нормируемой освещенности и строительных параметров освещаемого помещения. Для осветительных установок с нормируемыми освещенностями от 150 до 500 лк можно воспользоваться следующими обобщенными рекомендациями [5]:

- светильники с лампами типа ДРЛ мощностью от 250 до 2000 Вт, имеющие КСС типа Д, целесообразно применять в помещениях высотой до 6–7 м при строительном модуле 6х6 м и высотой до 9–12 м при строительных модулях 6х12, 6х18 и 6х24 м;

- светильники с лампами ДРЛ мощностью от 250 до 2000 Вт, имеющие КСС типа Г, целесообразно использовать в более высоких помещениях: при строительном модуле 6х6 м – до высот 10–11 м, при модуле 6х12 м – до 12–13 м, при модулях 6х18, 12х18 и 6х24 м – до 18 – 20 м;

- при необходимости освещения еще более высоких помещений следует использовать светильники с КСС типа К;

- светильники с лампами ДРИ (мощностью от 250 до 2000 Вт), имеющие КСС типа Д, целесообразно применять в помещениях высотой 6–7 м при строительных модулях 6х6, 6х12, 6х18, 6х24 м и высотой до 9 м при строительном модуле 12х18 м;

- светильники с лампами ДРИ (мощностью от 250 до 2000 Вт), имеющие КСС типа Г, целесообразно использовать в соответствен-но более высоких помещениях: при строительном модуле 6х6 м – до высоты 11 м, при строительном модуле 6х12 м – до высоты 14,5 м, при модулях 6х18, 12х18 и 6х24 м – до высот 16–20 м.

При выборе светильников необходимо учитывать следующие основные положения [7–11].

Конструктивное исполнение светильников должно обеспечивать их пожарную безопасность и электробезопасность при работе и обслуживании, надежность, долговечность и стабильность характеристик в данных условиях среды, а также удобство эксплуатации [7].

В особо сырых помещениях и наружных установках следует применять светильники со степенью защиты, как правило, не ниже IP53, а в помещениях с химически активной средой – не ниже IP54.

При этом рекомендуется использовать светильники с корпусом, противостоящим возможным воздействиям окружающей среды.

В жарких помещениях могут использоваться светильники любых степеней защиты, но по возможности следует избегать применения светильников с замкнутыми стеклянными колпаками. В светильниках с люминесцентными лампами необходимо применять амальгамные лампы.

Для пыльных помещений степень защиты световых приборов должна выбираться в зависимости от количества и характера пыли. Предпочтительным является применение СП со степенью защиты IP6X или IP5X. В случае необходимости упрощения обслуживания осветительных установок допускается применение светильников со степенью защиты 6'X и 5'X, а при непроводящей ток пыли – IP2X (в виде исключения).

В пожароопасных зонах классов П-I и П-II светильники, как правило, должны иметь степень защиты не ниже IP5X (5'X – с люминесцентными лампами), класса П-IIа – не ниже IP2X.

Во взрывоопасных зонах следует применять СП взрывозащищенного исполнения. В зонах классов В-Iб и В-IIа допускается установка светильников со степенью защиты не ниже IP5X.

Технические характеристики светильников для взрывоопасных помещений с лампами накаливания, люминесцентными лампами, а также с лампами типа ДРЛ приведены в табл. 3.6–3.8.

Данные, приведенные в приложении (табл. П1), дают представление о возможных применениях типов светильников в различных производственных помещениях и установках промышленных объектов.

### **3.2. Выбор места расположения светильников**

При локализованном освещении вопрос о выборе места расположения светильника должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера производственного процесса.

При общем равномерном освещении, а по возможности и при локализованном освещении светильники с лампами накаливания, лампами типов ДРЛ, ДРИ и натриевыми лампами рекомендуется располагать по вершинам квадратных, прямоугольных (с отношением большей стороны прямоугольника к меньшей не более 1,5) или ромбических (с острым углом ромба близким к 60°) полей.

Для размещения светильников должны быть известны следующие размеры (рис. 3.1):

$H$  – высота помещения, м;

$h_p$  – высота расчетной поверхности над полом, м (если значение  $h_p$  неизвестно, то принимается высота условной рабочей поверхности 0,8 м);

$h_c$  – расстояние от светильника до перекрытия («свес»), м (принимается 0 – 1,5 м);

$L$  – расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

$H_p$  – расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника, м:

$$H_p = H - h_c - h_p; \quad (3.1)$$

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается  $(0,3 - 0,5)L$  в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест);

$A$  – длина помещения, м;

$B$  – ширина помещения, м.

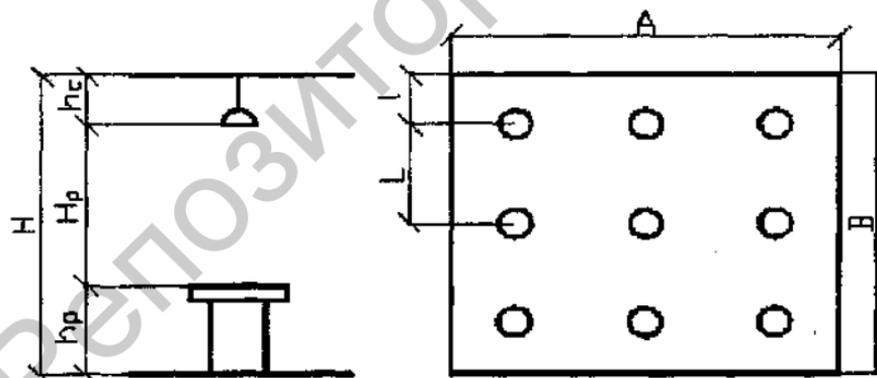


Рис. 3.1. Размещение светильников

Распределение освещенности по освещаемой поверхности определяется типом кривой силы света и отношением расстояния между соседними светильниками или рядами к высоте их установки над рабочей поверхностью ( $L/H_p$ ). Для каждой КСС существует наиболее выгодное

значение  $L/H_p$ , обеспечивающее наибольшую равномерность распределения освещенности и максимальную энергетическую эффективность (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Рекомендуемые значения отношений  $L/H_p$

$L/H_p$	Тип КСС				
	К	Г	Д	М	Л
	0,4-0,7	0,8-1,1	1,4-1,6	1,8-2,6	1,6-1,8

Допускается увеличение указанных в табл. 3.9 значений отношений  $L/H_p$  не более чем на 30 %, кроме КСС типа К [7].

Определив  $H_p$  и задавшись значением  $L/H_p$ , вычисляют расстояние  $L$ .

Далее производится расчет числа рядов светильников

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (3.2)$$

а также числа светильников в ряду

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1. \quad (3.3)$$

Полученные результаты округляются до ближайшего целого числа, после чего пересчитываются реальные расстояния:

между рядами светильников

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1}; \quad (3.4)$$

между центрами светильников в ряду

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1}. \quad (3.5)$$

Для прямоугольных помещений проверяется условие

$$1 \leq L_A/L_B \leq 1,5. \quad (3.6)$$

Если  $L_A/L_B < 1$ , то необходимо уменьшить число светильников в ряду на один или увеличить число рядов на один.

В тех случаях, когда  $L_A/L_B > 1,5$ , необходимо увеличить число светильников в ряду на один или уменьшить число рядов на один.

Общее число светильников определяем по формуле

$$N_{\text{св}} = R \cdot N_R. \quad (3.7)$$

Светильники с люминесцентными лампами могут располагаться вплотную друг к другу либо с разрывами (не более  $0,5 H_p$ ).

При этом расстояние между соседними светильниками в ряду

$$L_A = \frac{A - 2l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1}, \quad (3.8)$$

где  $l_c$  — длина одного светильника.

В процессе расчетов необходимо следить, чтобы суммарная длина светильников с люминесцентными лампами в одном ряду не превышала длины помещения.

#### 4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

При проектировании осветительных установок целью расчета является определение числа и мощности ламп светильников, необходимых для обеспечения заданной освещенности.

Если для освещения предусматриваются лампы накаливания или газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и другие, то число и месторасположение светильников определяют до расчета освещения, а в процессе расчета находят необходимую мощность источника света.

При использовании люминесцентных ламп сначала намечают число и расположение рядов светильников, а затем определяют количество и мощность ламп, установленных в каждом ряду.

В результате светотехнического расчета освещения вычисляется значение светового потока принятого источника света  $\Phi_{\text{пр}}$ , на основании которого по справочной литературе выбирается стандартная лампа определенной мощности и светового потока, значение которого не должно отличаться от  $\Phi_{\text{пр}}$  более чем на  $-10...+20\%$ . Если такой источник подобрать не удастся, то принимается лампа со значением светового потока, ближайшим к  $\Phi_{\text{пр}}$ , а далее корректируется число светильников в помещении и осуществляется повторный расчет освещения.

Для расчета освещения применяются два основных метода: коэффициента использования светового потока и точечный метод.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения при отсутствии крупных затеняющих предметов.

Точечный метод следует использовать для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Данный метод применяется при расчете общего равномерного освещения (при наличии существенных затенений), местного, общего локализованного, аварийного, а также освещения наклонных поверхностей.

#### 4.1. Метод коэффициента использования светового потока

Расчетное значение светового потока одной лампы в каждом светильнике определяется по следующей формуле [8, 17, 20, 22]:

$$\Phi_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta_{\text{ОУ}}}, \quad (4.1)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормируемое значение освещенности, лк;

$K_3$  – коэффициент запаса (принимается по табл. 1.1);

$F$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$\eta_{\text{ОУ}}$  – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о.е.;

$z$  – отношение средней освещенности к минимальной.

Коэффициент  $z$  характеризует неравномерность освещенности и в значительной степени зависит от соотношения  $L/H_p$ . Если это соотношение находится в диапазоне рекомендуемых значений (табл. 3.9), то можно принять:

$z = 1,15$  для ламп накаливания, газоразрядных ламп высокого давления типов ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и др.;

$z = 1,10$  для люминесцентных ламп, расположенных в виде светящихся линий [22].

Под коэффициентом использования светового потока понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается по табл. 4.1 в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения потолка —  $\rho_{п}$ , стен —  $\rho_{с}$  (табл. 4.2), расчетной поверхности —  $\rho_{р}$  (обычно принимается 0,1) и от индекса помещения

$$i_{п} = \frac{A \cdot B}{H_{р} \cdot (A + B)}, \quad (4.2)$$

По найденному значению  $\Phi_{лр}$  выбирается лампа ближайшей стандартной мощности, значение светового потока которой отличается от  $\Phi_{лр}$  не более чем на  $-10...+20\%$ .

При расчете люминесцентного освещения первоначально намечается число рядов  $R$ , которое подставляется в формулу (4.1) вместо  $N$ . Тогда под  $\Phi_{лр}$  следует подразумевать световой поток ламп одного ряда  $\Phi_{Rр}$ :

$$\Phi_{Rр} = \frac{E_{н} \cdot K_{з} \cdot F \cdot z}{R \cdot \eta_{ОУ}}, \quad (4.3)$$

Далее определяется количество светильников в одном ряду

$$N_R = \frac{\Phi_{Rр}}{n_{св} \cdot \Phi_{л}}, \quad (4.4)$$

где  $n_{св}$  — число ламп в одном светильнике;

$\Phi_{л}$  — световой поток одной лампы, лм.

При этом расстояние между соседними светильниками в ряду не должно превышать  $0,5H_{р}$  [7].

Таблица 4.1

Коэффициент использования светового потока светильников  
с типовыми КСС

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

Продолжение табл. 4.1

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

Тип КСС	Значение $\eta_{0\text{У}}$ , %											
	при $\rho_n = 0,5$ ; $\rho_c = 0,5$ ; $\rho_p = 0,1$ и $i_n$ , равном						при $\rho_n = 0,5$ ; $\rho_c = 0,3$ ; $\rho_p = 0,1$ и $i_n$ , равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	66	70	88
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76

Окончание табл. 4.1

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

## Коэффициенты отражения стен и потолка

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Плоскость с белой поверхностью (побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами)	70
Плоскость со светлой поверхностью (побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок)	50
Плоскость с серой поверхностью (бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями)	30
Плоскость с темной поверхностью (стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный неоштукатуренный кирпич; стены с темными обоями)	10

## 4.2. Расчет освещенности по удельной мощности

Метод расчета освещенности по удельной мощности является одним из упрощенных вариантов расчета освещенности с применением коэффициента использования.

Удельная мощность осветительной установки определяется по формуле

$$P_y = \frac{P_d \cdot N}{F}, \text{ Вт/м}^2, \quad (4.5)$$

где  $P_d$  – мощность одной лампы, Вт;  $N$  – число ламп;  $F$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>.

Приняв значение удельной мощности в соответствии с заданными условиями, можно определить расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{\text{пл}} = \frac{p_y \cdot F}{N}, \text{ Вт}, \quad (4.6)$$

по которому выбирается лампа ближайшей стандартной мощности.

В табл. 4.3–4.10 приводятся данные об удельной мощности для светильников прямого света с типовыми КСС [2].

Таблица 4.3

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами накаливания мощностью 100–200 Вт

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
2–3	10–15	28,8	25,4	24,3	20,1	17,5	16,9
	15–25	23,2	20,5	20,5	17,5	15,2	14,8
	25–50	20,5	18,4	17,5	15,2	13,7	13,3
	50–150	16,9	15,2	13,9	12,7	12,0	11,7
	150–300	14,8	13,2	12,9	11,7	11,2	11,2
	Свыше 300	13,0	12,1	11,5	11,1	10,8	10,8
3–4	10–15	50,8	41,1	33,4	26,7	22,2	21,3
	15–25	38,1	32,3	28,1	22,7	19,1	18,7
	20–30	28,8	25,4	24,3	20,1	17,2	16,9
	30–50	23,2	20,5	20,5	17,5	15,2	14,9
	50–120	19,8	17,8	16,7	14,6	13,2	13,0
	120–300	16,9	15,0	13,9	12,6	11,9	11,9
Свыше 300	13,5	12,7	12,1	11,4	11,0	11,0	
4–6	10–17	97,1	62,8	53,4	36,8	28,1	28,8
	17–25	59,3	46,4	38,1	28,8	23,7	23,7
	25–35	42,7	38,1	30,5	24,3	20,5	20,9
	35–50	33,3	28,8	26,0	21,3	18,4	18,1
	50–80	24,3	22,2	22,2	18,7	16,2	15,7
	80–150	21,8	19,4	18,7	16,2	14,4	14,0
	150–400	18,4	16,4	15,2	13,7	12,6	12,3
Свыше 400	14,4	13,3	12,7	11,7	11,4	11,1	

**Примечание.** Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_3 = 1,3$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами накаливания мощностью 300 Вт

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
3-4	10-15	46,5	37,6	30,5	21,4	20,3	19,5
	15-20	34,9	29,6	25,7	20,8	17,4	17,1
	20-30	26,4	23,3	22,2	18,4	15,8	15,5
	30-50	21,2	18,8	18,8	16,0	13,9	13,7
	50-120	18,1	16,3	15,3	13,4	12,1	11,9
	120-300	15,5	13,8	12,7	11,5	10,8	10,8
	Свыше 300	12,4	11,6	11,1	10,4	10,1	10,1
4-6	10-17	88,8	57,5	48,8	33,7	25,7	26,4
	17-25	54,3	42,5	34,9	26,4	21,7	21,7
	25-35	39,1	34,9	27,9	22,2	18,8	19,2
	35-50	30,5	25,4	23,8	19,5	16,8	16,6
	50-80	22,2	20,4	20,4	17,1	14,8	14,4
	80-150	19,9	17,8	17,1	14,8	13,2	12,8
	150-400	16,8	15,0	14,0	12,5	11,5	11,2
Свыше 400	13,2	12,2	11,6	10,7	10,4	10,2	
6-8	25-35	75,2	54,3	42,5	30,5	24,4	23,8
	35-50	51,4	42,5	34,9	25,7	21,2	20,8
	50-65	40,7	34,9	27,9	22,7	18,8	18,4
	65-90	32,6	27,9	24,4	20,3	17,1	16,8
	90-135	24,4	21,7	21,2	17,8	15,3	15,0
	135-250	20,3	18,1	18,1	15,5	13,6	13,2
	250-500	17,8	16,0	15,0	13,2	11,9	11,8
Свыше 500	13,2	12,2	11,6	10,7	10,4	10,2	

Примечание. Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_3 = 1,3$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников  
с лампами накаливания мощностью 500 Вт

$H_p$ , м	$F$ , м <sup>2</sup>	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
4-6	10-17	82,4	53,3	45,3	31,2	23,8	24,5
	17-25	50,3	39,4	32,4	24,5	20,1	20,1
	25-35	36,2	32,3	25,9	20,6	17,4	17,8
	35-50	28,3	24,5	22,1	18,1	15,6	15,3
	50-80	20,6	18,9	18,9	15,9	13,7	13,3
	80-150	18,5	16,5	15,9	13,7	12,2	11,9
	150-400	15,6	13,9	12,9	11,6	10,6	10,4
	Свыше 400	12,2	11,3	10,8	9,9	9,6	9,4
6-8	25-35	69,7	50,3	39,4	28,3	22,6	22,1
	35-50	47,7	39,4	32,4	23,8	19,7	19,3
	50-65	37,8	32,3	25,9	21,1	17,4	17,1
	65-90	30,2	25,9	22,6	18,9	15,9	15,6
	90-135	22,6	20,1	19,7	16,5	14,2	13,9
	135-250	18,9	16,8	16,8	14,4	12,6	12,2
	250-500	16,5	14,8	13,9	12,2	11,0	10,9
	Свыше 500	12,2	11,3	10,8	10,0	9,6	9,4
8-12	50-70	78,8	50,3	43,1	29,2	23,8	22,6
	70-100	50,3	39,4	32,3	24,5	20,1	19,7
	100-130	39,4	32,4	26,6	21,1	17,8	17,1
	130-200	28,3	24,5	22,1	18,1	15,6	15,4
	200-300	21,6	18,9	18,9	15,9	13,9	13,5
	300-600	18,5	16,5	16,2	13,9	12,2	11,9
	600-1500	15,6	14,2	13,1	11,8	10,8	10,6
	Свыше 1500	12,2	11,3	10,8	10,0	9,6	9,4

**Примечание.** Освещенность 100 лк;  $\rho_a = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_3 = 1,3$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

Таблица 4.6

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами накаливания мощностью 1000 Вт

$H_p$ , м	$F$ , м <sup>2</sup>	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
4-6	10-17	75,5	49,0	41,6	28,7	21,9	22,4	18,9	16,6
	17-25	46,1	36,1	29,7	22,5	18,5	18,5	16,3	14,3
	25-35	33,3	29,7	23,7	18,9	16,0	16,3	14,3	13,0
	35-50	26,0	22,5	20,3	16,6	14,3	14,1	13,0	11,9
	50-80	18,9	17,3	17,3	14,6	12,6	12,2	11,7	10,9
	80-150	17,0	15,1	14,6	12,6	11,2	10,9	10,8	9,9
	150-400	14,3	12,8	11,9	10,7	9,8	9,6	9,6	9,1
	Свыше 400	11,2	10,4	9,9	9,1	8,9	8,6	8,8	8,5
6-8	25-35	64,0	46,2	46,2	26,0	20,8	20,3	18,5	16,0
	35-50	43,8	36,2	29,6	21,9	18,1	17,7	16,0	14,3
	50-65	34,7	29,7	23,7	19,4	16,0	15,7	14,3	13,0
	65-90	27,8	23,7	20,8	17,3	14,6	14,3	13,2	12,0
	90-135	20,8	18,5	18,1	15,1	13,0	12,8	12,2	11,2
	135-250	17,4	15,4	15,4	13,2	11,5	11,2	10,9	10,1
	250-500	15,1	13,6	12,8	11,2	10,1	10,0	10,0	9,3
	Свыше 500	11,2	10,4	9,9	9,1	8,9	8,6	8,8	8,5
8-12	50-70	72,3	46,2	39,6	26,8	21,9	20,8	18,9	16,3
	70-100	46,2	36,1	29,7	22,4	18,5	18,1	16,3	14,3
	100-130	36,1	29,7	24,4	19,3	16,3	15,7	14,3	13,2
	130-200	26,0	22,4	20,2	16,6	14,3	14,1	13,0	11,7
	200-300	19,8	17,3	17,3	14,6	12,8	12,4	11,9	10,9
	300-600	16,9	15,1	14,8	12,8	11,2	10,9	10,8	10,0
	600-1500	14,3	13,0	12,0	10,8	9,9	9,8	9,7	9,1
	Свыше 1500	11,2	10,4	9,9	9,1	8,8	8,6	8,7	8,5

Примечание. Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_s = 1,3$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

Таблица 4.

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с люминесцентными лампами типа ЛБ40

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС			
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1
2-3	10-15	6,1	5,2	5,0	4,1
	15-25	4,8	4,2	4,2	3,6
	25-50	4,2	3,8	3,6	3,1
	50-150	3,5	3,1	2,9	2,6
	150-300	3,0	2,8	2,6	2,5
	Свыше 300	2,7	2,5	2,5	2,3
3-4	10-15	10,5	8,5	4,9	5,5
	15-20	5,4	4,9	4,2	4,7
	20-30	5,9	5,2	5,0	4,2
	30-50	3,7	3,7	4,2	3,6
	50-120	4,1	3,7	3,4	3,0
	120-300	3,5	3,1	2,9	2,6
	Свыше 300	2,8	2,6	2,3	2,3
4-6	10-17	20,0	12,9	11,0	7,6
	17-25	12,2	9,6	7,8	5,9
	25-35	8,8	7,8	6,3	5,0
	35-50	6,9	5,9	5,4	4,4
	50-80	5,0	4,6	4,6	3,8
	80-150	4,5	4,0	3,8	3,3
	150-400	3,5	3,4	3,1	2,8
	Свыше 400	3,0	2,8	2,6	2,4

Примечание. Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_3 = 1,5$ ;  $z = 1,1$ ; условный КПД = 100 %.

Таблица 4.8

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами типа ДРЛ

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-4	10-15	14,9	12,0	9,8	7,8	6,5	-	-	-
	15-20	11,2	9,5	8,3	6,7	5,6	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-4	20-30	8,5	7,4	7,1	5,9	5,0	-	-	-
	30-50	6,8	6,0	6,0	5,1	4,5	-	-	-
	50-120	5,8	5,2	4,9	4,3	3,9	-	-	-
	120-300	4,9	4,4	4,1	3,7	3,5	-	-	-
	Свыше 300	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	-	-	-
4-6	10-17	28,5	18,4	15,7	10,8	8,2	8,5	-	-
	17-25	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	7,0	-	-
	25-35	12,5	11,2	8,9	7,1	6,0	6,1	-	-
	35-50	9,8	8,5	7,6	6,2	5,4	5,3	-	-
	50-80	7,1	6,5	6,5	5,5	4,7	4,6	-	-
	80-150	6,4	5,7	5,5	4,7	4,2	4,1	-	-
	150-400	5,4	4,8	4,5	4,0	3,7	3,6	-	-
Свыше 400	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	-	-	
6-8	50-65	13,0	11,2	9,0	7,3	6,0	5,9	5,4	-
	65-90	10,4	8,9	7,8	6,5	5,5	5,4	5,0	-
	90-135	7,8	6,9	6,8	5,7	4,9	4,8	4,6	-
	135-250	6,5	5,8	5,8	5,0	4,3	4,2	4,1	-
	250-500	5,7	5,1	4,8	4,2	3,8	3,8	3,8	-
	Свыше 500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,8	3,3	-
8-12	70-100	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	6,8	6,1	-
	100-130	13,6	11,2	9,2	7,3	6,1	5,9	5,4	-
	130-200	9,8	8,5	7,6	6,3	5,4	5,3	4,9	-
	200-300	7,5	6,5	6,5	5,5	4,8	4,7	4,4	-
	300-600	6,4	5,7	5,6	4,8	4,2	4,1	4,1	-
	600-1500	5,4	4,9	4,5	4,1	3,7	3,7	3,6	-
	Свыше 1500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	-
12-16	130-200	-	13,6	11,2	8,4	7,0	6,8	6,3	5,4
	200-350	-	9,5	8,0	6,8	5,7	5,5	5,1	4,6
	350-600	-	6,6	6,7	5,6	4,8	4,7	4,5	4,2
	600-1300	-	5,6	5,4	4,7	4,2	4,1	4,0	3,7
	1300-4000	-	4,6	4,3	3,8	3,6	3,5	3,5	3,3
	Свыше 4000	-	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2

**Примечание.** Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_s = 1,5$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

## Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами типа ДРИ

$H_p$ , м	$F$ , м <sup>2</sup>	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	9,7	7,8	6,3	5,1	4,2	4,0	-	-
	15-20	7,2	6,1	5,3	4,3	3,6	3,6	-	-
	20-30	5,5	4,8	4,6	3,8	3,3	3,2	-	-
	30-50	4,4	3,9	3,9	3,3	2,9	2,8	-	-
	50-120	3,7	3,4	3,2	2,8	2,5	2,5	-	-
	120-300	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,2	-	-
	Свыше 300	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	-	-
4-6	10-17	18,4	11,9	10,1	7,0	5,3	5,5	-	-
	17-25	11,3	8,8	7,2	5,5	4,5	4,5	-	-
	25-35	8,1	7,2	5,8	4,6	3,9	4,0	-	-
	35-50	6,3	5,5	4,9	4,1	3,5	3,4	-	-
	50-80	4,6	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	-	-
	80-150	4,1	3,7	3,6	3,1	2,7	2,7	-	-
	150-400	3,5	3,1	2,9	2,6	2,4	2,3	-	-
Свыше 400	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	-	-	
6-8	50-65	8,4	7,2	5,8	4,7	3,9	3,8	3,5	-
	65-90	6,8	5,8	5,1	4,2	3,6	3,5	3,2	-
	90-135	5,1	4,5	4,4	3,7	3,2	3,1	3,0	-
	135-250	4,2	3,8	3,8	3,2	2,8	2,7	2,7	-
	250-500	3,7	3,3	3,1	2,7	2,5	2,4	2,4	-
	Свыше 500	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	2,1	-
8-12	70-100	11,8	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,0	-
	100-130	8,2	7,2	6,0	4,7	4,0	3,8	3,5	-
	130-200	6,3	5,5	4,9	4,0	3,5	3,4	3,2	-
	200-300	4,8	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	2,9	-
	300-600	4,1	3,7	3,8	3,4	2,7	2,7	2,6	-
	600-1500	3,5	3,2	2,9	2,6	2,4	2,4	2,3	-
	Свыше 1500	2,7	2,4	2,4	2,2	2,1	2,1	2,1	3,5
12-16	150-200	-	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,1	3,0
	200-350	-	6,1	5,2	4,4	3,7	3,6	3,3	2,7
	350-600	-	4,3	4,8	3,6	3,4	3,0	2,9	2,4
	600-1300	-	3,6	3,5	3,0	2,7	2,8	2,6	2,2
	1300-4000	-	3,0	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3	2,1
	Свыше 4000	-	2,5	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	-

Примечание. Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_s = 1,5$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

## Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами типа ДНаТ

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	9,1	7,4	6,0	4,8	3,8	3,8	-	-
	15-20	6,8	5,8	5,0	4,1	3,4	3,4	-	-
	20-30	5,2	4,6	4,4	3,6	3,1	3,0	-	-
	30-50	4,2	4,0	3,7	3,1	2,7	2,7	-	-
	50-120	3,5	3,2	3,0	2,6	2,4	2,3	-	-
	120-300	3,0	2,7	2,5	2,3	2,1	2,1	-	-
	Свыше 300	2,4	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	-	-
4-6	10-17	17,4	11,3	9,6	6,6	5,0	5,2	-	-
	17-25	10,6	8,3	6,8	5,2	4,3	4,3	-	-
	25-35	7,7	6,8	5,5	4,4	3,7	3,8	-	-
	35-50	6,0	5,2	4,7	3,8	3,3	3,2	-	-
	50-80	4,3	4,0	4,0	3,4	2,9	2,8	-	-
	80-150	3,9	3,5	3,4	2,9	2,6	2,5	-	-
	150-400	3,3	2,9	2,7	2,5	2,3	2,2	-	-
Свыше 400	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	-	-	
6-8	50-65	8,0	6,8	5,5	4,5	3,7	3,6	3,3	-
	65-90	6,4	5,5	4,8	4,0	3,4	3,3	3,0	-
	90-135	4,8	4,3	4,2	3,5	3,0	2,9	2,8	-
	135-250	4,0	3,5	3,5	3,0	2,7	2,6	2,5	-
	250-500	3,5	3,1	2,9	2,6	2,3	2,3	2,3	-
	Свыше 500	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	-
8-12	70-100	10,6	8,3	6,8	5,2	4,3	4,2	3,8	-
	100-130	8,3	6,8	5,6	4,5	3,8	3,6	3,3	-
	130-200	6,0	5,2	4,7	3,8	3,3	3,2	3,0	-
	200-300	4,6	4,0	4,0	3,4	2,9	2,9	2,7	-
	300-600	3,9	3,5	3,4	2,9	2,6	2,5	2,5	-
	600-1500	3,3	3,0	2,8	2,5	2,3	2,2	2,2	-
	Свыше 1500	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	-
12-16	130-200	-	8,3	6,8	5,2	4,3	4,2	3,8	3,3
	200-350	-	5,8	4,9	4,2	3,5	3,4	3,1	2,8
	350-600	-	4,1	4,1	3,4	2,9	2,9	2,8	2,6
	600-1300	-	3,3	3,3	2,9	2,6	2,5	2,5	2,3
	1300-4000	-	2,6	2,6	2,4	2,3	2,1	2,2	2,0
	Свыше 4000	-	2,3	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0

Примечание. Освещенность 100 лк;  $\rho_n = 0,5$ ;  $\rho_c = 0,3$ ;  $\rho_p = 0,1$ ;  $K_2 = 1,5$ ;  $z = 1,15$ ; условный КПД = 100 %.

Расчет по методу удельной мощности допускается производить только для общего равномерного освещения при отсутствии крупных затенений и в пределах тех данных, для которых составлены таблицы. При пользовании ими следует учитывать следующие особенности:

- если значение освещенности и коэффициента запаса, принятых для расчета, отличаются от указанных в таблице, следует произвести пропорциональный перерасчет значения удельной мощности;

- если значения коэффициентов отражения поверхностей помещения отличаются от принятых в таблице (помещения более темные или более светлые), допускается соответственно увеличить или уменьшить удельную мощность на 10 %;

- значения удельной мощности для ламп накаливания указаны для напряжения 230 В;

- в таблицах указаны значения удельной мощности для КПД светильника 100 %; для получения значения удельной мощности при меньшем КПД следует табличное значение разделить на выраженный в долях единицы КПД светильника;

- при использовании для освещения помещения энергоэкономичных люминесцентных ламп мощностью 36 Вт допускается определять удельную мощность по таблице для стандартных люминесцентных ламп мощностью 40 Вт.

Перерасчет удельных мощностей с учетом фактических исходных данных можно производить по выражению

$$P_y = (P_{yt} \cdot K_3 \cdot E_n) / (K_{ст} \cdot \eta \cdot 100), \quad (4.7)$$

где  $P_{yt}$  – табличное значение удельной мощности освещения;

$K_3$  и  $K_{ст}$  – фактический и табличный коэффициенты запаса;

$E_n$  – величина нормированной освещенности;

$\eta$  – КПД выбранного светильника в относительных единицах ( $\eta = 0,5 \dots 0,8$ ).

Таблицы 4.3–4.10 рассчитывались для светильников прямого света при отношении расстояний между ними или между их рядами к высоте подвеса  $L/H_p = 0,4$  для КСС типов Г-3, К-1, К-2;  $L/H_p = 1,0$  для КСС типов Д-3, Г-1, Г-2;  $L/H_p = 1,5$  для КСС типов Д-1, Д-2, а также при полном совпадении данных, для которых составлены эти таблицы [8].

Расчет освещенности по методу удельной мощности осуществляется в следующем порядке: для освещаемого помещения определяются значения расчетной высоты  $H_p$ , нормируемой освещенности, тип и

число светильников. По соответствующей таблице находится значение удельной мощности, далее по формуле (4.6) находится расчетное значение мощности одной лампы и подбирается лампа ближайшей стандартной мощности. Если расчетная мощность лампы оказывается большей, чем допускается в принятых светильниках, следует уточнить число светильников для данной мощности лампы.

### 4.3. Точечный метод расчета освещенности

При расчетах, проводимых точечным методом, светильник представляется точечным, т.е. его размеры считаются малыми по сравнению с расстоянием до освещаемой им точки пространства (его размеры не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки). К точечным источникам относятся, например, прожекторы, светильники с лампами накаливания и газоразрядными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и др.

Расчету освещенности должен предшествовать выбор типа световых приборов, расположения и высоты подвеса их над рабочей поверхностью ( $H_p$ ), нормируемого значения освещенности ( $E_n$ ).

Расчетная точка освещается практически всеми светильниками, находящимися в помещении, однако учитывают обычно только действие ближайших световых приборов.

В качестве контрольных выбираются точки с наименьшей освещенностью, но не следует их принимать у стен или в углах помещения. Если в подобных точках есть рабочие места, то создание требуемой освещенности у них обеспечивается установкой дополнительных светильников или ламп большей мощности. При расположении светильников рядами контрольная точка выбирается между рядами на расстоянии от торцевой стены, примерно равном расчетной высоте.

Освещенность элемента поверхности на горизонтальной плоскости можно рассчитать по формуле

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{H_p^2 \cdot K_3}, \quad (4.8)$$

где  $K_3$  – коэффициента запаса, определяемый по табл. 1.1;

$\mu$  – коэффициент дополнительной освещенности, учитывающий освещенность, создаваемую от неучтенных светильников, стен и потолка (принимается равным 1,1–1,2).

Расчет освещенности на горизонтальной плоскости с использованием формулы (4.8) осуществляется в следующем порядке:

– определяется тангенс угла падения светового луча в расчетную точку

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p}; \quad (4.9)$$

– по найденному значению  $\operatorname{tg} \alpha$  определяется угол  $\alpha$  и  $\cos^3 \alpha$ ;  
– по КСС принятого светильника с условной лампой со световым потоком 1000 лм для найденного угла  $\alpha$  определяется сила света  $I_{\alpha(1000)}$  по табл. 4.11 и рассчитывается значение освещенности, создаваемой этим светильником:

$$E_{(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2}; \quad (4.10)$$

– искомая освещенность от светильника со световым потоком  $\Phi_n$ :

$$E = \frac{E_{(1000)} \cdot \Phi_n \cdot \mu}{K_3 \cdot 1000}, \text{ лк.} \quad (4.11)$$

В случае, когда расчетная точка освещается несколькими источниками света, необходимо рассчитать освещенности от каждого источника, а искомая освещенность определяется как их сумма:

$$\sum_{i=1}^n E = E_1 + E_2 + \dots + E_n, \quad (4.12)$$

где  $n$  – количество источников света.

Далее проверяется, обеспечивается ли требуемая освещенность в расчетной точке.

Если задана нормируемая освещенность  $E_n$  и требуется определить мощность лампы, необходимую для обеспечения этой освещенности на горизонтальной поверхности, расчетное значение светового потока лампы выражают из формулы (4.11):

$$\Phi_{\text{пр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{E_{(1000)} \cdot \mu}, \text{ лм.} \quad (4.13)$$

Таблица 4.11

## Значения силы света для типовых КСС круглосимметричного светового прибора (Фед = 1000 лм)

α, градус	Сила света, кд, для типовых кривых силы света круглосимметричного светового прибора												
	М	Д1	Д2	Д3	Г1	Г2	Г3	К1	К2	К3	Ш1	Ш2	Ш3
0	159,2	233,4	295,0	377,3	503,0	670,7	894,2	1192	1583	2120	154,8	119,6	78,3
5	159,2	232,9	294,0	375,5	499,8	664,8	883,8	1173	1549	2062	155,5	119,0	78,6
10	159,2	229,2	290,5	370,3	490,2	647,5	852,5	1118	1449	1893	158,2	118,6	79,4
15	159,2	228,5	286,5	361,6	474,4	618,5	801,1	1026	1288	1595	164,5	120,2	81,4
20	159,2	224,7	277,2	349,8	452,7	579,5	731,2	902	1052	1261	175,5	126,0	81,7
25	159,2	220,0	269,6	334,3	425,1	530,2	643,8	750	810	832	190,7	134,0	83,3
30	159,2	214,1	255,5	316,0	392,1	471,4	541,3	574	515	249	210,8	145,0	87,2
35	159,2	207,1	246,0	294,7	354,1	404,7	439,9	380	196	0	235,1	159,6	94,8
40	159,2	199,3	226,0	270,7	311,7	330,9	301,0	174	0	-	261,8	180,4	105,4
45	159,2	190,6	215,5	244,2	265,2	251,4	168,8	0	-	-	281,6	209,7	121,3
50	159,2	180,0	189,6	215,4	215,5	167,3	32,6	-	-	-	282,1	243,3	137,1
55	159,2	170,5	179,0	184,6	162,9	81,8	0	-	-	-	257,2	269,7	162,0
60	159,2	159,2	147,5	152,0	108,3	0	-	-	-	-	212,9	275,0	199,0
65	159,2	147,1	137,6	118,2	52,6	-	-	-	-	-	161,7	247,6	230,0
70	159,2	134,3	100,9	83,1	0	-	-	-	-	-	113,65	194,0	252,0
72	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95,9	167,0	243,2
74	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79,4	139,0	225,0
75	159,2	121,0	92,3	47,4	-	-	-	-	-	-	71,5	125,2	212,3
76	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63,8	111,1	199,0
78	159,2	106,9	51,2	11,1	-	-	-	-	-	-	49,1	84,5	165,5
80	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,8	60,4	127,7
82	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,8	39,5	89,1
84	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,8	22,5	53,6
85	159,2	92,5	44,4	0	-	-	-	-	-	-	10,0	16,2	39,0
86	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	10,1	25,0
88	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	2,5	6,4
90	159,2	77,7	19,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0

С учетом (4.10) выражение (4.13) можно представить в виде

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot 1000 \cdot H_p^2}{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \mu}, \text{ лм.} \quad (4.14)$$

По найденному значению светового потока выбирается лампа стандартной мощности и светового потока, значение которого отличается от  $\Phi_{\text{лр}}$  не более чем на  $-10 \dots +20 \%$ .

При наличии большого количества светильников, освещающих расчетную точку, можно использовать приближенный точечный метод расчета освещенности по пространственным изолюксам.

В данном случае расчет производится в следующей последовательности. Первоначально принимается, что поток лампы (при многоламповом светильнике – суммарный поток ламп) в каждом светильнике равен 1000 лм. Создаваемая в этом случае освещенность  $e$  называется условной. Ее величина зависит от светораспределения светильника и расстояний  $d$  и  $H_p$  (рис. 4.1).

Источник света

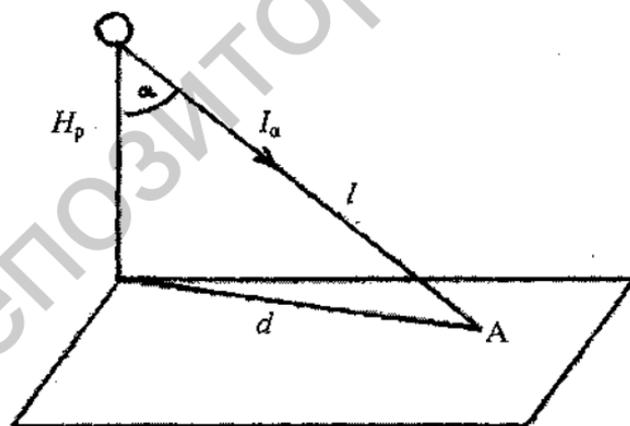


Рис. 4.1. Освещенность элемента поверхности горизонтальной плоскости в точке А:

$I_{\alpha}$  – сила света светильника по направлению к точке А, кд;  $\alpha$  – угол между направлением силы света и осью симметрии светильника, градус;  $l$  – расстояние от светильника до расчетной точки А, м;  $d$  – расстояние от расчетной точки А до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку, м

Определение  $e$  для каждой точки производится с помощью пространственных изолукс условной горизонтальной освещенности (рис. П1–П17 прил. 3). Если заданные значения  $d$  и  $H_p$  выходят за пределы шкал, то можно эти координаты увеличить (уменьшить) в  $a$  раз так, чтобы точка оказалась в пределах графика, и определенное по графику значение  $e$  увеличить (уменьшить) в  $a^2$  раз. При наличии  $n$  светильников

$$e = \sum_{i=1}^n e_i. \quad (4.15)$$

Для получения в расчетной точке заданной освещенности  $E_n$  лампы в каждом светильнике должны иметь поток:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{\mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}. \quad (4.16)$$

При известном световом потоке лампы расчетное значение освещенности в заданной точке можно определить по следующему выражению:

$$E_{\text{расч}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e}{K_3 \cdot 1000}. \quad (4.17)$$

## 5. ПРИМЕР СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Произведем светотехнический расчет механического цеха машиностроительного производства и помещения материальной кладовой, расположенных в здании, план которого представлен на рис. 5.1.

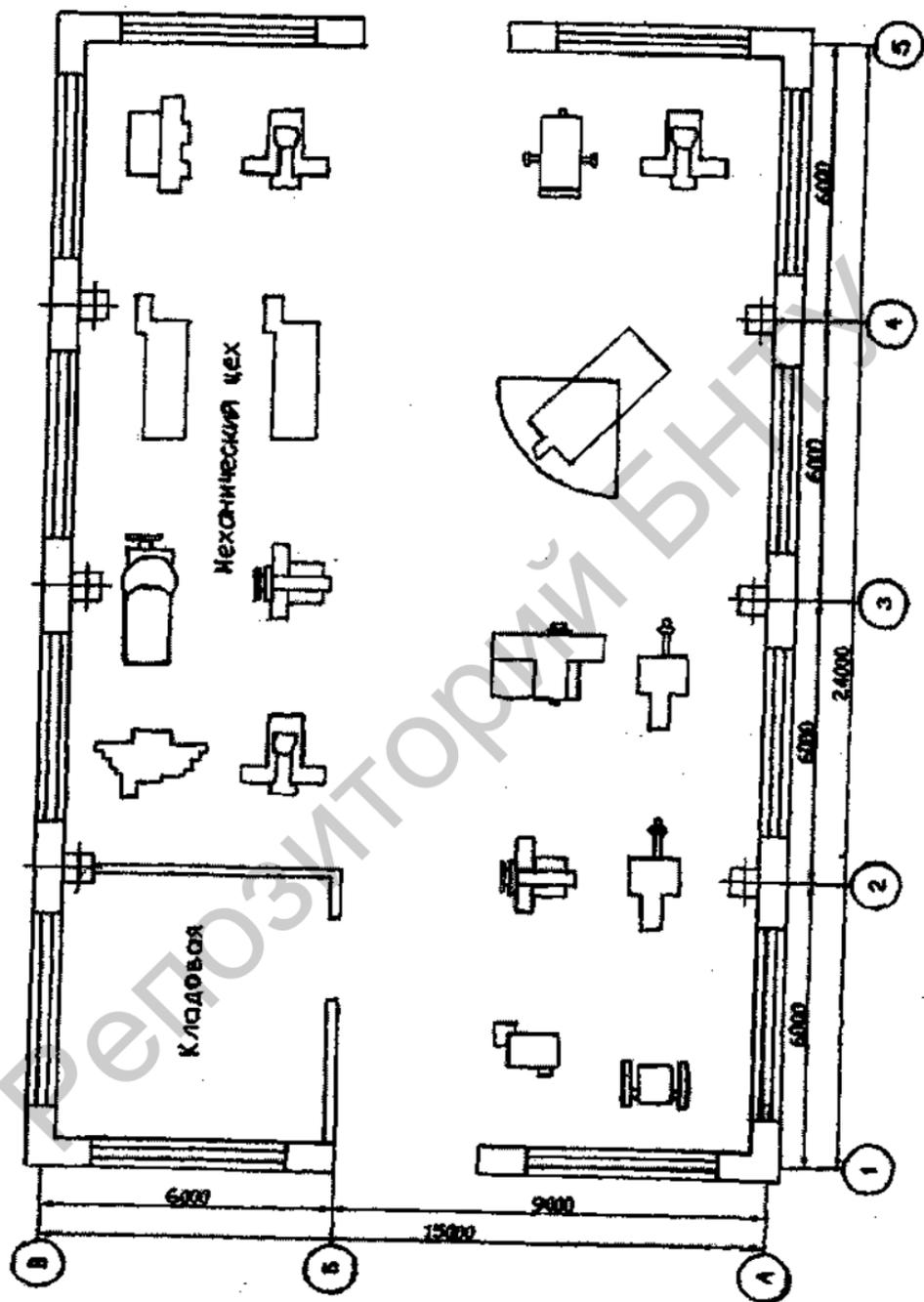


Рис. 5.1. План цеха с расстановкой технологического оборудования

### Светотехнический расчет механического цеха

Исходные данные: длина цеха  $A = 4 \cdot 6 = 24$  м, ширина  $B = 6 + 9 = 15$  м, строительная высота  $H = 8,4$  м, условия окружающей среды нормальные, температура воздуха в помещении  $25$  °С, имеется естественное освещение через окна.

С учетом исходных данных из соображений экономичности и удобства эксплуатации для освещения цеха принимаем светильники с лампами типа ДРЛ.

Первоначально произведем размещение светильников. Определим в соответствии с (3.1) высоту установки светильников над освещаемой поверхностью, приняв высоту расчетной поверхности над полом  $h_p = 0,8$  м, а расстояние от светильника до перекрытия  $h_c = 1,1$  м:

$$H_{\text{в}} = 8,4 - 1,1 - 0,8 = 6,5 \text{ м.}$$

Для освещения цеха по табл. 3.3 принимаем светильники РСП18 со степенью защиты IP20 и КСС типа Г. По табл. 3.9 принимаем для этой КСС  $L/H_p = 0,9$ .

Тогда расстояние между соседними светильниками или рядами светильников

$$L = 0,9 \cdot 6,5 = 5,85 \approx 6 \text{ м,}$$

а расстояние от крайних светильников или рядов до стен

$$l = (0,3 \dots 0,5) L = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м.}$$

Число рядов светильников определяем по формуле (3.2):

$$R = (15 - 2 \cdot 3) / 6 + 1 = 2,5 \approx 3 \text{ ряда.}$$

По выражению (3.3) найдем число светильников в одном ряду:

$$N_R = (24 - 2 \cdot 3) / 6 + 1 = 4 \text{ светильников.}$$

Уточняем реальные расстояния между рядами  $L_B$  и между светильниками в ряду  $L_A$  по формулам (3.4) и (3.5):

$$L_B = (15 - 2 \cdot 3) / (3 - 1) = 4,5 \text{ м;}$$

$$L_A = (24 - 2 \cdot 3) / (4 - 1) = 6 \text{ м.}$$

Проверим выполнение соотношения (3.6):

$$L_A/L_B = 6/4,5 = 1,33,$$

что находится в допустимых пределах.

Таким образом, освещение механического цеха выполняется тремя рядами светильников. В каждом из рядов устанавливается по четыре светильника, а общее количество светильников в помещении цеха  $N = 3 \cdot 4 = 12$  штук (рис. 5.2).

Далее методом коэффициента использования определяем расчетное значение светового потока одной лампы, принимая по табл. П1 нормируемую освещенность  $E_n = 300$  лк, а по табл. 1.1 – коэффициент запаса  $K_3 = 1,4$ . Индекс помещения рассчитаем по формуле (4.2):

$$i_n = 24 \cdot 15 / (6,5 \cdot (24 + 15)) = 1,42.$$

По табл. 4.1 для кривой силы света Г-1 и коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности соответственно 50, 30, 10 % определяем коэффициенты использования светового потока для  $i_n = 1,25$   $\eta_{oy} = 0,64$ , а для  $i_n = 2$   $\eta_{oy} = 0,76$ . Интерполируя эти данные [22], получаем значение коэффициента использования для  $i_n = 1,42$ :

$$\eta_{oy} = 0,64 + (1,42 - 1,25) / (2 - 1,25) \cdot (0,76 - 0,64) = 0,67.$$

Вычислим значение освещаемой площади:

$$F = 15 \cdot 24 = 360 \text{ м}^2.$$

Приняв коэффициент неравномерности освещенности  $z = 1,15$ , определим расчетное значение светового потока по формуле (4.1):

$$\Phi_{др} = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 360 \cdot 1,15}{12 \cdot 0,67} = 21626,9 \text{ лм.}$$

По величине  $\Phi_{др}$  по табл. 2.5 принимаем для освещения лампы типа ДРЛ мощностью 400 Вт со световым потоком  $\Phi_{л} = 24\ 000$  лм, значение которого отличается от  $\Phi_{др}$  на величину

$$\Delta\Phi = \frac{24\ 000 - 21626,9}{21626,9} \cdot 100 = +10,97 \%,$$

что допустимо.

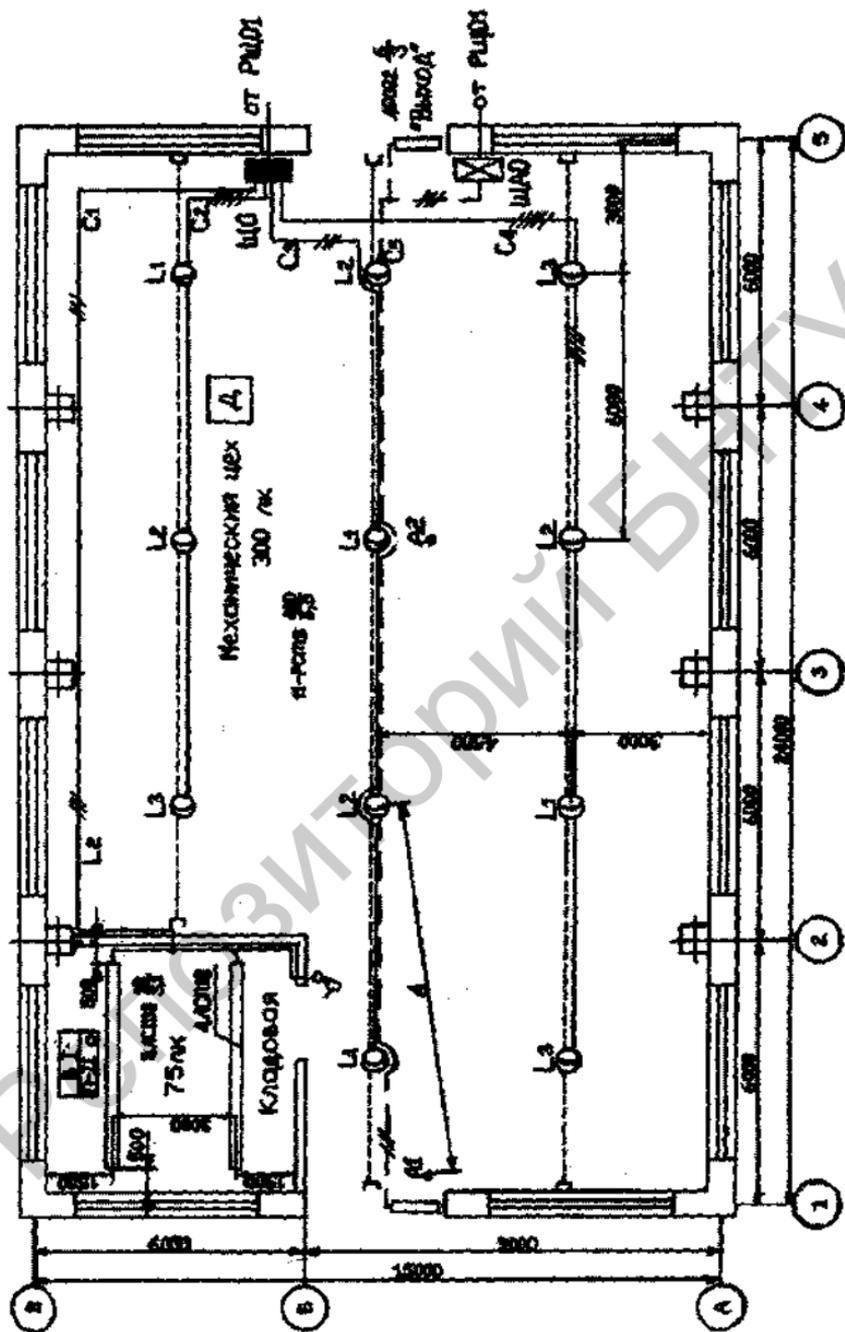


Рис. 5.2. План цеха с размещением светотехнического оборудования

### Светотехнический расчет материальной кладовой

Исходные данные: длина помещения  $A = 6$  м, ширина  $B = 6$  м, строительная высота  $H = 4,2$  м, условия среды – пожароопасное помещение класса П-Па, температура воздуха  $25$  °С, имеется естественное освещение через окно.

Учитывая строительные размеры помещения для освещения принимаем два ряда светильников с энергоэкономичными люминесцентными лампами низкого давления.

Произведем размещение светильников. Высота расчетной поверхности над полом  $h_p = 0,8$  м. Светильники устанавливаются на расстоянии от потолка  $h_c = 0,3$  м. Тогда расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильников

$$H_p = 4,2 - 0,3 - 0,8 = 3,1 \text{ м.}$$

Кладовая освещается двумя рядами одноламповых светильников типа ЛСП18 со степенью защиты IP5'4 с КСС типа Д-2 и люминесцентной лампой типа ЛБ18 со световым потоком  $\Phi_n = 1250$  лм (табл. 2.4).

Определим расчетное значение светового потока одного ряда люминесцентных светильников. Принимаем по табл. П1  $E_n = 75$  лк, а по табл. 1.1  $K_s = 1,4$ . Индекс помещения по выражению (4.2)

$$i_n = 6 \cdot 6 / (3,1 \cdot (6 + 6)) = 0,97.$$

По табл. 4.1 путем линейной интерполяции получаем значение коэффициента использования для кривой силы света Д-2 и коэффициентов отражения от потолка, стен и рабочей поверхности соответственно 50, 30, 10 %  $\eta_{oy} = 0,48$ . Освещаемая площадь кладовой

$$F = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

Подставляя полученные значения в (4.3), определим расчетное значение светового потока ряда

$$\Phi_{Rp} = \frac{75 \cdot 1,4 \cdot 36 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,48} = 4331,25 \text{ лм.}$$

По формуле (4.4) найдем количество светильников в ряду:

$$N_R = \frac{4331,25}{1 \cdot 1250} = 3,47.$$

Принимаем для освещения материальной кладовой восемь светильников, расположенных в два ряда (см. рис. 5.2).

Расчетное значение светового потока одной лампы светильника

$$\Phi_{\text{лр}} = \Phi_{\text{Рр}} / (n_{\text{св}} \cdot N_{\text{Р}}) = 4331,25 / (1 \cdot 4) = 1082,8 \text{ лм.}$$

Отличие расчетного значения светового потока лампы от фактического

$$\Delta\Phi = \frac{1250 - 1082,8}{1082,8} \cdot 100 = +15,4 \%,$$

что допустимо.

Длина светильника  $l_c = 720$  мм, расстояние от торцов крайних светильников до стен  $l = 0,5$  м. Тогда в соответствии с (3.8) расстояние между светильниками в ряду

$$L_A = \frac{6 - 2 \cdot 0,5 - 4 \cdot 0,72}{4 - 1} = 0,7 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает  $0,5H_p$  ( $0,7 \text{ м} < 1,55 \text{ м}$ ).

Определим расстояние между рядами светильников, приняв расстояние от рядов до стен  $1,5$  м, по выражению (3.4)

$$L_B = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{2 - 1} = 3 \text{ м.}$$

#### Расчет аварийного освещения

В механическом цехе предусматривается аварийное освещение для эвакуации. С этой целью выделяется из системы рабочего освещения два светильника РСП18 (см рис. 5.2) с лампами типа ДРЛ мощностью  $P_{\text{ном}} = 400$  Вт,  $\Phi_{\text{л}} = 24\ 000$  лм. Указанные светильники питаются от щитка аварийного освещения.

В соответствии с нормативными требованиями аварийное эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность на полу основных проходов не менее  $0,5$  лк, основные проходы определяются на основании расстановки технологического оборудования в цехе, плана эвакуации и т.п. Для того чтобы проверить, выполняется ли это требование при принятом расположении светильников эвакуационного

освещения, рассчитаем освещенность, создаваемую ими в контрольной точке. В качестве контрольных могут рассматриваться точки  $A_1$  и  $A_2$  (см. рис. 5.2). Однако наихудшей является точка  $A_1$ , так как она освещена меньшим числом светильников при отключении рабочего освещения. Определим освещенность, создаваемую в контрольной точке  $A_1$  ближайшим светильником аварийного освещения. Для аварийного освещения расчетная высота определяется расстоянием от светильника до пола, т.е.  $H_p + h_p$ .

По плану находим  $d = 8,5$  м,  $H_p = 6,5$  м,  $h_p = 0,8$  м. Тогда по формуле (4.9):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{8,5}{6,5 + 0,8} = 1,164 \Rightarrow \alpha \approx 49^\circ.$$

По таблице 4.11, интерполируя, определяем  $(I_{49})_{1000} = 225,4$  кд. Тогда в соответствии с формулой (4.10)

$$E_{(1000)} = \frac{225,4 \cdot \cos^3 49^\circ}{7,3^2} = 1,192 \text{ лк.}$$

Приняв коэффициент дополнительной освещенности  $\mu = 1,1$ , рассчитаем по выражению (4.11) освещенность в контрольной точке:

$$E = \frac{1,192 \cdot 24\,000 \cdot 1,1}{1,4 \cdot 1000} = 22,48 \text{ лк.}$$

Так как  $22,48 \text{ лк} > 0,5 \text{ лк}$ , то можно сделать вывод о том, что контрольная точка освещается в достаточной мере.

Аналогичный расчет может быть произведен приближенным точечным методом по пространственным изолюксам.

Используя пространственные изолюксы для КСС Г-1 (рис. ПЗ), определяем условную освещенность от светильника:

$$e = 1,2 \text{ лк.}$$

Расчетная освещенность в контрольной точке  $A_1$  вычисляется по формуле (4.17):

$$E_{\text{расч}} = \frac{24\,000 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{1,4 \cdot 1000} = 22,6 \text{ лк.}$$

Так как  $22,6 \text{ лк} > 0,5 \text{ лк}$ , то аварийное освещение удовлетворяет требованиям.

Над выходами из помещения цеха устанавливаем светильники с пиктограммой «Выход» типа ЛБО22-6 с люминесцентной лампой мощностью 6 Вт.

В помещении матеральной кладовой аварийное освещение не требуется.

## 6. ВЫБОР ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЩИТКОВ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Осветительные щитки предназначены для приема и распределения электроэнергии в осветительных установках, для управления освещением, а также для защиты групповых линий при длительных перегрузках и коротких замыканиях. Щитки выбираются с учетом условий окружающей среды, количества присоединяемых к ним линий, их расчетных токов и требуемых защитных аппаратов.

На промышленных объектах в осветительных установках могут применяться осветительные щитки типа ЯОУ 8500, ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ЦО 8505, ЦРО 8505, распределительные пункты типа ПР8501 и др. (табл. 6.1–6.6) [8, 13, 17, 22].

Таблица 6.1

Технические данные осветительных групповых щитков  
серии ЯОУ 8500

Тип щитка	Тип вводного аппарата	Автоматические выключатели групповых линий		Способ установки
		Тип	Количество, шт.	
ЯОУ8501	ПВЗ-60	АЕ 1031-1	6	На стене
ЯОУ8502	ПВЗ-100	АЕ 1031-1	12	
ЯОУ8503	ПВЗ-100	АЕ 2044-10	6	
ЯОУ8504	ПВЗ-100	АЕ 2046-10	2	
ЯОУ8505	ПВЗ-60	АЕ 1031-1	6	В нише
ЯОУ8506	ПВЗ-100		12	
ЯОУ8507	–		6	
ЯОУ8508	–		12	

Примечание. ПВЗ – пакетный выключатель.

Таблица 6.2

Технические данные осветительных групповых щитков серии  
ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ

Тип щитков	Число однофазных групп	Устройство или аппарат на вводе	Аппараты на отходящих линиях	Способ установки
ОП-3УХЛ4	3	Зажимы	АЕ 1000	На стене
ОП-6УХЛ4	6			
ОП-9УХЛ4	9			
ОП-12УХЛ4	12		А 63	
ОЩ-6УХЛ4	6			
ОЩ-12УХЛ4	12			
ОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ 2046-10	А 3161	В нише
ОЩВ-12АУХЛ4	12			
УОЩВ-6АУХЛ4	6			
УОЩВ-12АУХЛ4	12			

Таблица 6.3

Технические данные осветительных групповых щитков серии  
ЩО 8505

Номер схемы	Тип щитка	Номинальный ток распределителя выключателя ввода	Выключатели групповых линий	
			Наибольший номинальный ток распределителя, А	Максимальное количество выключателей, шт.
1	2	3	4	5
02	ЩО 8505-0206	—	31,5	6
02	ЩО 8505-0209	—	20,0	9
03	ЩО 8505-0306	—	31,5	6
03	ЩО 8505-0309	—	20,0	9
04	ЩО 8505-0406	63,0	31,5	6
06	ЩО 8505-0504	63,0	31,5	2
12	ЩО 8505-1212	—	16,0	12
12	ЩО 8505-1215	—	12,5	15
12	ЩО 8505-1218	—	10,0	18
13	ЩО 8505-1312	—	16,0	12
13	ЩО 8505-1315	—	12,5	15
13	ЩО 8505-1318	—	10,0	18

1	2	3	4	5
14	ЩО 8505-1409	63,0	20,0	9
14	ЩО 8505-1412		16,0	12
14	ЩО 8505-1415		12,5	15
16	ЩО 8505-1603		63,0	3
16	ЩО 8505-1604		31,5	4
16	ЩО 8505-1605		31,5	5
16	ЩО 8505-1606		20,0	6
16	ЩО 8505-1607		20,0	7

**Примечание.** В щитках применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем типа ВА 61F29-3С (трехполюсные) на вводе и ВА 61F29-1В (однополюсные) на групповых линиях.

Таблица 6.4

Технические данные щитков распределения энергии серии  
ЩРО 8505

Номер схемы	Наибольший номинальный ток щитка, А	Тип аппарата ввода	Выключатели групповых линий		
			Наибольший номи- нальный ток расцепителя, А	Количество выключате- лей, шт.	
21	200	-	40,0	18	
22			63,0	9	
24			63,0	9	
26			ВА 57 Ø35	40,0	18
27			63,0	9	
41	320	-	40,0	36	
42			63,0	18	
43			63,0	18	
45			40,0	36	
46			ВА 57-39	63,0	9
47			12,5	18	
48			25,0	9	

**Примечание.** На групповых линиях применяются однополюсные автоматические выключатели с комбинированным расцепителем типа ВА 61F29-1В.

Таблица 6.5

## Технические данные распределительных пунктов серии ПР8501

Номер схемы		Номинальное напряжение, В	Количество автоматов, шт.	
С зажимами на вводе	С автоматом ВА51-33 на вводе		однополюсных ВА51-29	трехполюсных ВА51-31
001	045	380	3	—
002	046	380	6	—
003	047	380	3	1
004	048	660	—	2
005	049	380	12	—
006	050	380	6	2
007	051	660	—	4
008	052	660	18	—
009	053	380	12	2
010	054	380	6	4
011	055	660	—	6

Примечание. Номинальный ток ввода 160 А, рабочий ток ввода для степени защиты IP21 — 128 А, для IP54 — 120 А.

Таблица 6.6

## Технические данные распределительных пунктов ПР41

Тип пункта	Число выключателей			Число конденсаторов КС1-С38-18У3
	вводных АЗ728Ф	групповых		
		АЕ2044	АЕ2046	
ПР41-4301-43У4	1	—	4	4
ПР41-4302-43У4	—	—	4	4
ПР41-4303-43У4	1	3	5	—
ПР41-4304-43У4	1	3	7	—
ПР41-4305-43У4	1	3	9	—

Осветительные щитки и распределительные пункты выпускаются с автоматическими выключателями, технические характеристики которых представлены в табл. 6.7–6.11 [12, 13, 15, 17, 22].

Таблица 6.7

Технические характеристики автоматических выключателей  
типа ВА57

Тип выключателя	Количество полюсов, шт.	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
ВА57-31	3	100	16; 20; 25; 31,5; 40 50; 63 80; 100	400 800 1200
ВА57-35	3	250	16; 20; 25 31,5; 40; 50 63; 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500
ВА57Ф35	3	250	16; 20; 25; 31,5 40; 50; 63 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500
ВА57-39	3	630	320 400 500 630	3200 2000; 4000 2500; 5000 3200; 5000

Таблица 6.8

Технические характеристики автоматических выключателей  
типа ВА61

Тип выключателя	Количество полюсов, шт.	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
ВА61F29-3С	3	63	0,5; 0,8; 1; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4,5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	5; 10
ВА61F29-1В	1	63	0,5; 0,8; 1; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	3; 5

Технические характеристики автоматических выключателей  
серии АЗ700

Тип выключателя	Количество полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
		выключателя	расцепителя	
АЗ710Ф	2, 3	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	630; 1600
АЗ720Ф	2, 3	250	160; 200; 250	2500
АЗ730Ф	2	630	250	2500
	2	630	320	3200
	2	630	400	4000
	3	630	500	6300

Таблица 6.10

Технические данные автоматических выключателей серии ВА51  
с комбинированным расцепителем

Тип выключателя	Количество полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
		выключателя	расцепителя	
ВА51-29	1	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63	—
ВА51-31-1	1	100	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63; 80; 100	3; 7; 10
ВА51-25	3	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7; 10
ВА51-31	3	100	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63; 80; 100	3; 7; 10
ВА51-33	3	160	80; 100; 125; 160	10
ВА51-35	3	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12
ВА51-37	3	400	250; 320; 400	10
ВА51-39	3	630	400; 500; 630	10

## Технические данные автоматических выключателей серии АЕ

Тип выключателя	Количество полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
		выключателя	расцепителя	
АЕ1000	1	10	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 6; 10	12; 18
АЕ1031	1	25	6; 10; 16; 25	—
АЕ2020	1, 2, 3	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	12
АЕ2040	1, 2, 3	63	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2046-10Б	3	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2045-10Б	2	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2050	1, 2, 3	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	12
АЕ2060	1, 2, 3	160	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	12

Осветительные групповые одностороннего обслуживания унифицированные щитки типа ЯОУ применяются в сетях, где нечасто производятся включения и отключения. Щитки серий ЯОУ 8501–8504 имеют степень защиты IP54, остальные – IP20. Осветительные щитки типа ОП, ОЩ, ОЩВ (настенные) и УОЩВ (устанавливаемые в нише) имеют степень защиты IP20.

Для питания освещения с лампами ДРЛ при необходимости компенсации реактивной мощности используются осветительные щитки напольной установки типа ПР41 с конденсаторами. Эти же щитки выпускаются и без конденсаторов.

Щитки распределения энергии ЩРО 8505 помимо использования в осветительных сетях применяются также для питания силовой нагрузки.

Групповые осветительные щитки должны располагаться в помещениях с благоприятными условиями окружающей среды, в местах, удобных для обслуживания, по возможности ближе к центру питаемых от них нагрузок. Нельзя размещать их в кабинетах, складах и других запираемых помещениях. Не следует также устанавливать осветительные щитки во взрыво- и пожароопасных зонах. В многоэтажных зданиях осветительные щитки размещают на лестничных клетках или вблизи их. В цехах промышленных предприятий щитки целесообразно устанавливать у главных входов в цех, в основных проходах или в других удобных для обслуживания местах. При этом следует учитывать, что если управление освещением производится со щитков, то их рекомендуется размещать таким образом, чтобы с места их установки были видны отключаемые ряды светильников. В больших зданиях и помещениях часто требуется установка нескольких щитков освещения. В этом случае щитки должны размещаться на расстоянии 30–60 м друг от друга при однофазных групповых линиях и до 100 м – при трехфазных.

Для управления освещением отдельных помещений должны предусматриваться выключатели, устанавливаемые внутри или снаружи этого помещения возле входной двери.

В осветительных электрических сетях зданий применяются изолированные провода и кабели.

Изолированные провода могут не иметь поверх изоляции защитную оболочку (например, провода марок АПВ, ПВ и т.д.) или иметь ее (провода марок ПУНП, АПУНП и т.д.). Как и у кабелей, оболочка предохраняет изоляцию жил проводов от воздействия света, влаги, различных химических веществ и небольших механических воздействий.

В осветительных установках широко используются кабели марок ВВГ и АВВГ с медными и алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией жил, в поливинилхлоридной оболочке без защитного покрова (гольй). На напряжение 660 В выпускаются кабели марки ВВГ с площадью сечения жилы 1,5–50 мм<sup>2</sup> и АВВГ – 2,5–50 мм<sup>2</sup>. При напряжении 1000 В кабели имеют более широкую номенклатуру сечений – до 240 мм<sup>2</sup>. Количество жил кабеля варьируется от одной до пяти. Отметим, что в осветительных установках следует применять кабели, у которых все жилы имеют одинаковую площадь поперечного сечения.

В осветительных сетях производственных предприятий из экономических соображений, как правило, применяются провода и кабели с алюминиевыми жилами.

Проводники с медными жилами необходимо использовать в следующих случаях: для помещений со средой, химически активной по отношению к алюминию; для электропроводок на чердаках, кроме проводок в стальных трубах и скрытых проводок; для присоединения к сети свободно подвешиваемых осветительных приборов, а также устройств, размещаемых на виброизолирующих опорах; для ввода в пускорегулирующие аппараты и осветительные приборы, питаемые на напряжении 400 В; во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia; для присоединения к сети переносных и передвижных осветительных приборов и др. [1].

Внутренние электрические сети жилых и общественных зданий с сечением проводников площадью до 16 мм<sup>2</sup> рекомендуется выполнять проводами и кабелями с медными жилами [6].

Электропроводки в зависимости от места расположения и условий эксплуатации могут быть внутренними и наружными. Внутренние электропроводки размещаются в закрытых зданиях и сооружениях и не подвергаются непосредственному воздействию окружающей среды. Наружные электропроводки прокладываются по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, а также между зданиями на опорах (не более четырех пролётов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.д. Эти проводки находятся в более сложных условиях, так как подвергаются воздействию атмосферных осадков и изменяющейся температуры наружного воздуха.

Осветительные электропроводки могут быть открытыми и скрытыми. Открытая электропроводка имеет много конструктивных исполнений: непосредственно по строительным элементам зданий с креплением проводников скобами, полосками, монтажными лентами и т.п., в трубах, гибких металлокабелях, коробах, специальных коробах, на лотках, на изоляторах, на тросе (струне) и т.д. Скрытая электропроводка (внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, под съемным потолком, полом и т.п.) выполняется в трубах, гибких металлокабелях, коробах, каналах и пустотах строительных конструкций, под штукатуркой и т.п.

Не допускается прокладывать изолированные провода без оболочки (например, марок ПВ, АПВ и т.п.) скрыто под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, в пустотах строительных элементов

зданий и сооружений, а также открыто по поверхности стен и потолков, на лотках, тросах, струнах и других конструкциях. При таких способах монтажа электропроводок должны применяться кабели или изолированные провода с защитной оболочкой.

В производственных зданиях и сооружениях рекомендуется применять преимущественно открытые осветительные электропроводки. Обычно их выполняют беструбными: кабелями и изолированными проводами с оболочкой, прокладываемыми как непосредственно по строительным элементам зданий, так и на лотках и тросах.

Изолированные провода без оболочек следует применять для прокладки в коробах, трубах, на изоляторах, а также в корпусах осветительных приборов с люминесцентными лампами низкого давления, которые состыкованы в линию.

В общественных и жилых зданиях, а также в производственных помещениях с повышенными эстетическими требованиями к интерьеру, как правило, используют скрытые электропроводки.

Групповые линии в производственных и общественных зданиях могут быть выполнены осветительными шинопроводами. Их рекомендуется использовать в помещениях с нормальной средой, кроме особо сырых, при рядном и частом расположении светильников общего освещения, а также в тех случаях, когда нагрузка линии превышает 50 % номинального тока шинопровода. Не следует предусматривать осветительные шинопроводы в складских помещениях.

В помещении со взрывоопасной зоной класса В-I запрещается прокладка групповых линий. Разрешается прокладывать только ответвления к светильникам. Групповые сети в помещениях с зонами классов В-Iа, В-Iб, В-II и В-IIа также рекомендуется прокладывать вне взрывоопасных зон [1].

## **7. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

### **7.1. Определение электрических нагрузок осветительных установок**

Электрические нагрузки освещения используются для выбора электрооборудования и расчета осветительных сетей. Они учитываются также в общих нагрузках зданий, сооружений, установок, производственных объектов и т.п.

Расчетная осветительная нагрузка производственных и общественных зданий, а также наружного освещения определяется исходя из суммарной мощности ламп, полученной в результате светотехнического расчета. Установленная мощность находится суммированием номинальной мощности ламп стационарных осветительных приборов напряжением более 42 В и понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12–42 В. В осветительных установках с разрядными лампами расчетная нагрузка определяется с учетом потерь мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА).

Расчетная нагрузка [16] на вводе в здание или в начале питающей линии вычисляется по формуле

$$P_p = K_c \cdot \sum_{i=1}^n K_{\text{ПРА } i} \cdot P_{\text{ном } i}, \quad (7.1)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$K_{\text{ПРА } i}$  – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре  $i$ -й газоразрядной лампы;

$P_{\text{ном } i}$  – номинальная мощность  $i$ -й лампы;

$n$  – количество ламп, питающихся по линии (установленных в здании или помещении).

При отсутствии данных обследования осветительных установок коэффициент спроса для расчета питающей сети рабочего освещения производственных зданий следует принимать равным [7]:

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

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

0,9 – для библиотек и административных зданий;

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

0,8 – для лечебных, конторско-бытовых и лабораторных зданий;

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

Для расчета групповой сети рабочего освещения и всех звеньев сети аварийного освещения производственных и общественных зданий, а также наружного освещения коэффициент спроса принимается равным единице.

Значение  $K_{\text{ПРА}}$  принимается равным:

1,0 – для ламп накаливания;

1,1 – для ламп типа ДРЛ, ДРИ;

1,2 – для люминесцентных ламп (ЛЛ) со стартерной схемой пуска;

1,3 – для ЛЛ при бесстартерной схеме пуска.

В электронных ПРА потери мощности примерно на 20–50 % меньше по сравнению с электромагнитными.

Расчетная нагрузка понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12–42 В складывается из установленной мощности стационарных осветительных приборов общего и местного освещения и нагрузки переносного освещения. Для переносного освещения принимают мощность одного ручного светильника 40 Вт при напряжении 12 В и 50 Вт при напряжении 36 и 42 В с коэффициентом спроса, значение которого определяется степенью использования переносного освещения. При отсутствии конкретных данных коэффициент спроса для ручных светильников можно принять равным 0,5 [8].

При необходимости расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки определяется по формуле

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (7.2)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi$  – среднее значение коэффициента реактивной мощности осветительной установки.

Зная  $Q_p$  и  $P_p$ , можно найти полную мощность расчетной нагрузки  $S_p$  и расчетный ток  $I_p$ .

## 7.2. Выбор сечения проводников по нагреву

Для выбора проводников по условию нагрева определяется расчетный ток линии [16] по следующим формулам:

для трехфазной сети (четырёх- и пятипроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi} = \frac{P_p}{3 \cdot U_{\text{НОМ} \phi} \cdot \cos \varphi}; \quad (7.3)$$

для двухфазной сети с рабочим и защитным нулевым проводниками (трех- и четырехпроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{2 \cdot U_{\text{номф}} \cdot \cos \varphi}; \quad (7.4)$$

для однофазной сети (двух- и трехпроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{номф}} \cdot \cos \varphi}, \quad (7.5)$$

где  $U_{\text{номф}}$  и  $U_{\text{ном}}$  – соответственно номинальное фазное и междуфазное напряжение сети;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности активной нагрузки.

В случае неравномерной нагрузки фаз расчетная активная нагрузка линии принимается равной утроенному значению нагрузки наиболее загруженной фазы.

Светильники на две и более люминесцентные лампы комплектуются ПРА, обеспечивающими  $\cos \varphi$  не менее 0,92, а на одну ЛЛ – 0,85 [8]. Большинство светильников с газоразрядными лампами высокого давления (типа ДРЛ, ДРИ и т.п.) при напряжении 230 В имеют некомпенсированные ПРА со средним значением  $\cos \varphi = 0,5$ . Для светильников с лампами накаливания  $\cos \varphi = 1$ . Соответствующие коэффициенты мощности будут иметь нагрузки осветительных линий.

Для участка сети, питающего групповые линии с разными величинами  $\cos \varphi$ , определяется средневзвешенное значение коэффициента мощности по выражению

$$\cos \varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i \cdot P_{pi}}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (7.6)$$

где  $\cos \varphi_i$  – коэффициент мощности нагрузки  $i$ -й линии;

$P_{pi}$  – расчетная мощность осветительной нагрузки  $i$ -й линии;

$n$  – количество групповых линий.

При значительной мощности осветительных приборов с некомпенсированными ПРА может применяться групповая компенсация реактивной мощности, целесообразность которой должна быть технико-экономически обоснована.

Сечения проводников осветительной сети по нагреву выбирают по таблицам длительно допустимых токов  $I_{\text{доп}}$  в зависимости от величины  $I_p$  по условию

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / K_n, \quad (7.7)$$

где  $K_n$  – поправочный коэффициент на фактические условия прокладки проводов и кабелей.

Если условия прокладки проводов и кабелей не отличаются от принятых в [1], то величина  $K_n = 1$ .

Для осветительных сетей до 1кВ, как правило, поправочный коэффициент

$$K_n = K_1 \cdot K_2, \quad (7.8)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты, учитывающие фактическую температуру окружающей среды и количество совместно проложенных проводников.

Для проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией напряжением до 1 кВ, прокладываемых в воздухе, значение  $K_1$  принимается по табл. 7.1. Значения коэффициента  $K_2$  зависят от способа прокладки проводов и кабелей и принимаются в соответствии с [1].

Таблица 7.1

Поправочные коэффициенты  $K_1$  на токи проводников в зависимости от температуры воздуха

Проводники	Поправочные коэффициенты на токи проводников при расчетной температуре среды, °С											
	-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
С резиновой, поливинилхлоридной и полиэтиленовой изоляцией	1,32	1,27	1,22	1,17	1,15	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
С изоляцией из сшитого полиэтилена	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией с алюминиевыми и медными жилами приведены в табл. 7.2–7.7 [1,8].

Таблица 7.2

Допустимые длительные токи для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырёх одно-жильных	одного двух-жильного	одного трех-жильного
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	28
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Таблица 7.3

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1кВ с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для кабелей, А				
	одножильных		двухжильных		трехжильных
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

**Примечание.** Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут приниматься по вышеприведенной таблице как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 7.4

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1кВ с алюминиевыми жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для кабелей, А			
	трехжильных при прокладке		четырёхжильных при прокладке	
	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5
2,5	24	32	23	29
4	34	42	31	39
6	43	50	40	46

1	2	3	4	5
10	58	67	54	62
16	78	87	72	81
25	102	113	95	105
35	126	137	118	127
50	158	166	147	154
70	194	201	180	187
95	237	240	220	223
120	274	272	255	253
150	317	310	295	288
185	363	348	338	324
240	428	401	398	373

Таблица 7.5

Допустимые длительные токи для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно- жильных	трех одно- жильных	четыре одножильных	одного двух- жильного	одного трех- жильного
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица 7.6

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1кВ с медными жилами с резиновой и пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для кабелей, А				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—

**Примечание.** Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут приниматься по вышеприведенной таблице как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 7.7

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1кВ с медными жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для кабелей, А			
	трехжильных при прокладке		четырёхжильных при прокладке	
	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5
1,5	24	32	23	29
2,5	32	42	30	39
4	43	54	40	50

1	2	3	4	5
6	57	66	53	61
10	77	87	71	81
16	101	113	94	105
25	133	147	124	137
35	164	179	152	166
50	205	217	191	202
70	262	268	244	249
95	318	316	296	294
120	372	363	346	337
150	429	410	399	381
185	488	459	454	427
240	579	529	538	492

При определении числа жил кабелей и проводов, прокладываемых в одной трубе, принимается в расчет нулевой рабочий проводник (N, PEN) трехфазной линии, если по нему протекает ток, значение которого сопоставимо с током фазных проводников (например, при питании по линии газоразрядных ламп с некомпенсированными ПРА ток в нулевом проводнике может превышать токи в фазных проводниках).

Допустимые токовые нагрузки проводников, способы прокладки которых отличаются от указанных в справочных таблицах, принимаются [1, 6, 7, 15]:

- для тросовых проводов – как для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией;
- для проводов, проложенных в пластмассовых трубах или электротехнических плинтусах, – как для проводов в стальных трубах с понижением допустимых нагрузок на 10–15 %;
- для проводов, проложенных в каналах строительных конструкций, а также замоноличенных проводок – как для проводов в трубах;
- для пятипроводных линий, проложенных в трубах или каналах строительных конструкций, питающих светильники с лампами накаливания (или силовые электроприемники), – как для трех одножильных проводов, прокладываемых в одной трубе, а для таких же линий, питающих газоразрядные лампы, – как для четырех одножильных проводов, прокладываемых в одной трубе;
- для пятижильных кабелей, питающих лампы накаливания, – как для трехжильных кабелей, а при питании газоразрядных ламп – как для четырехжильных кабелей;

- для проводов, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, — как для проводов, проложенных в трубах;
- для кабелей, проложенных в коробах или лотках, — как для кабелей, проложенных в воздухе;
- для проводов, проложенных в лотках в один ряд, — как для открыто проложенных проводов;
- при количестве одновременно нагруженных проводов более трех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, — как для проводов, проложенных открыто с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7–9 и 0,6 для 10–12 проводов.

### 7.3. Выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения

Допустимое значение потери напряжения (в процентах) в осветительной сети рассчитывается по формуле

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_x - U_n - \Delta U_T, \quad (7.9)$$

где  $U_x$  — напряжение холостого хода на шинах низшего напряжения трансформатора,  $U_x = 105\%$ ;

$U_n$  — минимальное допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы,  $U_n = 95\%$ ;

$\Delta U_T$  — потеря напряжения в трансформаторе, к которому подключена осветительная установка, %.

С учетом значений  $U_x$  и  $U_n$  выражение (7.9) может быть представлено в виде

$$\Delta U_{\text{доп}} = 10 - \Delta U_T. \quad (7.10)$$

Потери напряжения в трансформаторах с достаточной для практических целей точностью могут быть определены по формуле

$$\Delta U_T = \beta_T \cdot (U_{\text{ка}} \cdot \cos\varphi + U_{\text{кр}} \cdot \sin\varphi), \quad (7.11)$$

где  $\beta_T$  — коэффициент загрузки трансформатора;

$U_{\text{ка}}$  и  $U_{\text{кр}}$  — активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания, %;

$\cos\varphi$  — коэффициент мощности нагрузки трансформатора.

Значения  $U_{ка}$  и  $U_{кр}$  определяются по формулам

$$U_{ка} = \Delta P_k \cdot 100 / S_{ном}; \quad U_{кр} = \sqrt{U_k^2 - U_{ка}^2}, \quad (7.12)$$

где  $\Delta P_k$  – потери короткого замыкания, кВт;

$S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$U_k$  – напряжение короткого замыкания, %.

Сечение проводников ( $\text{мм}^2$ ) осветительной сети по допустимой потере напряжения определяется по формуле

$$F = M / (C \cdot \Delta U_{доп}), \quad (7.13)$$

где  $M$  – момент нагрузки рассматриваемого участка сети, кВт·м;

$C$  – расчетный коэффициент, величина которого принимается по табл. 7.8 [22].

Полученное значение сечения округляют до ближайшего большего стандартного.

Таблица 7.8

Значение коэффициентов  $C$  для расчета сети по потере напряжения

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Значение коэффициента для проводников из	
		меди	алюминия
400/230	Трехфазная с нулем	79	48
230	Трехфазная без нуля	26	16
400/230	Двухфазная с нулем	35	21,5
230	Однофазная переменного или двухпроводная постоянного тока	13	8

В общем случае для линии длиной  $L$  с сосредоточенной нагрузкой  $P_p$  (рис. 7.1, а) момент нагрузки

$$M = P_p \cdot L. \quad (7.14)$$

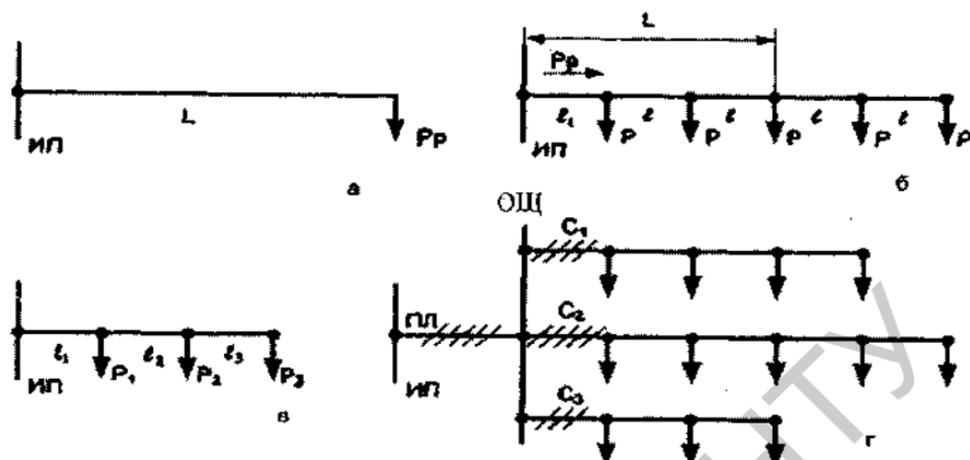


Рис. 7.1. Схемы осветительных сетей:

- ИП – источник питания; а – линия с сосредоточенной нагрузкой;  
 б – групповая линия с равномерно распределенной нагрузкой; в – линия  
 с неравномерно распределенной нагрузкой; г – разветвленная сеть;  
 ОЩ – осветительный щиток; ПЛ – питающая пятипроводная линия;  
 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> – групповые четырех-, пяти- и трехпроводные линии

Если группа светильников одинаковой мощности присоединяется к групповой линии с равными интервалами  $l$  (рис. 7.1, б), то сосредоточенная нагрузка линии заменяется суммарной сосредоточенной, приложенной в середине участка. Тогда значение  $L$  определяется по формуле

$$L = l_1 + l \cdot (N_R - 1)/2, \quad (7.15)$$

где  $l_1$  – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

$N_R$  – число светильников в одном ряду.

Если линия состоит из нескольких участков с одинаковым сечением и различными нагрузками, то суммарный момент нагрузки равен сумме моментов нагрузок отдельных участков. Например, для линии, показанной на рис. 7.1, в, суммарный момент нагрузки вычисляется по выражению

$$M = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot l_1 + (P_2 + P_3) \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 \quad (7.16)$$

или

$$M = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3). \quad (7.17)$$

Фактическая потеря напряжения в линии при известном сечении

$$\Delta U = M / (C \cdot F). \quad (7.18)$$

При расчете разветвленной осветительной сети (рис. 7.1, з) по условию минимума расхода цветного металла сечение проводников до разветвления определяется по приведенному моменту нагрузки  $M_{пр}$ :

$$F = M_{пр} / (C \cdot \Delta U_{доп}). \quad (7.19)$$

Приведенный момент рассчитывается по формуле

$$M_{пр} = \sum M + \sum \alpha \cdot m, \quad (7.20)$$

где  $\sum M$  – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов линии, что и на данном участке;

$\sum \alpha \cdot m$  – сумма приведенных моментов участков с другим числом проводов;

$\alpha$  – коэффициент приведения моментов, который принимается по табл. 7.9.

Таблица 7.9

Значения коэффициентов приведения моментов

Линия	Ответвление	Коэффициент приведения моментов $\alpha$
Трехфазная с нулевым рабочим проводником	Однофазное	1,85
Трехфазная с нулевым рабочим проводником	Двухфазное с нулевым рабочим проводником	1,39
Двухфазная с нулевым рабочим проводником	Однофазное	1,33
Трехфазная без нулевого рабочего проводника	Двухфазное (двухпроводное)	1,15

По найденному по (7.19) сечению проводников и собственному моменту нагрузки по формуле (7.18) вычисляется фактическая потеря напряжения на питающем участке сети  $\Delta U_{пт}$ . Последующие участки рассчитываются по оставшейся величине потери напряжения:

$$U'_{доп} = \Delta U_{доп} - \Delta U_{пт}. \quad (7.21)$$

При отдельном расчете питающей и групповой сети  $\Delta U_{доп}$  распределяется между ними приближенно, исходя из ожидаемого соотношения моментов. При проектировании следует стремиться к равномерной загрузке и равенству моментов различных фаз. В трехфазных сетях с нулевым проводом для получения приближительного равенства моментов следует присоединять светильники к фазам в порядке L1, L2, L3, L3, L2, L1..., считая от конца линии.

При расчете сетей по потере напряжения допускается пренебрегать реактивным сопротивлением линий, питающих газоразрядные лампы, и использовать момент нагрузки, выраженный в кВт·м, в следующих случаях:

- при  $\cos\varphi = 0,9$  в электропроводках, выполненных кабелями, проводами в трубах или многожильными проводами с площадью сечения алюминиевой жилы до  $70 \text{ мм}^2$ , а медной – до  $120 \text{ мм}^2$ ;
- при  $\cos\varphi = 0,5 \dots 0,6$  в аналогичных электропроводках с площадью сечения алюминиевой жилы до  $16 \text{ мм}^2$ , а медной – до  $25 \text{ мм}^2$ .

В остальных случаях необходимо учитывать реактивное сопротивление линии и вести расчет по токовым моментам, выраженным в А·м.

Питающие линии при расчете по потере напряжения рассматриваются, как правило, как симметрично нагруженные.

#### 7.4. Выбор сечений нулевых проводников

В осветительных сетях применяется, как правило, глухозаземленная нейтраль в виде системы TN. Данная система заземления имеет несколько вариантов исполнения: TN-S – с разделением нулевого проводника на рабочий N и защитный PE; TN-C – с использованием одного нулевого проводника PEN, совмещающего функции нулевого и защитного; TN-C-S – вариант, в котором от трансформаторной подстанции до вводно-распределительного устройства

предусмотрен совмещенный нулевой проводник PEN, а далее применяются два проводника: PE, который служит для зануления токопроводящего оборудования (щитков, светильников и т.п.), и N, используемый для питания однофазных электроприемников, включаемых на фазное напряжение [3].

Рассмотрим основные требования, которые необходимо учитывать при выборе нулевых проводников.

Площадь сечения нулевого рабочего (N) проводника в однофазных двухпроводных цепях принимается такой же, как и фазного проводника. Это правило распространяется на однофазные трехпроводные цепи и на многофазные цепи при площади сечения фазных проводников  $F_L$  с медной жилой до  $16 \text{ мм}^2$ , а с алюминиевой – до  $25 \text{ мм}^2$ .

В многофазных цепях с медными проводниками при  $F_L > 16 \text{ мм}^2$  и алюминиевыми – при  $F_L > 25 \text{ мм}^2$  нулевой проводник N может иметь сечение, меньшее, чем фазные проводники (но не менее чем  $16 \text{ мм}^2$  медные и  $25 \text{ мм}^2$  алюминиевые), при условии, что нулевой проводник защищен от сверхтоков. Разумеется, пропускная способность нулевого проводника должна соответствовать его рабочему току.

Площадь сечения нулевого защитного проводника PE при сечении фазного проводника  $F_L \leq 16 \text{ мм}^2$  принимается равной  $F_L$ ; при  $F_L = 25 \dots 35 \text{ мм}^2$  –  $16 \text{ мм}^2$ , а при  $F_L > 35 \text{ мм}^2$  – не менее  $0,5 F_L$ . При этом защитные проводники должны быть изготовлены из того же материала, что и фазные. В противном случае сечение защитного проводника принимают таким, чтобы его проводимость была не менее проводимости соответствующего проводника PE, выбираемого по приведенным выше условиям.

Во всех случаях сечение защитного проводника, не входящего в состав кабеля, должно быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  при наличии защиты от механических повреждений и  $4 \text{ мм}^2$  – при ее отсутствии.

В стационарных установках с глухозаземленной нейтралью функции нулевых защитного и рабочего проводников можно совместить в одном проводнике PEN при условии, что площадь его сечения не менее  $10 \text{ мм}^2$  для меди и  $16 \text{ мм}^2$  для алюминия, а рассматриваемая часть сети не защищена устройствами защитного отключения, реагирующими на дифференциальные токи. При этом, если в какой либо точке сети нулевой проводник разделен на проводники N и PE, то объединять их в совмещенный проводник PEN

за пределами этой точки запрещается [4]. В точке разделения необходимо предусматривать отдельные шины для проводников N и PE. Отметим, что проводник PEN должен подключаться к шине нулевого защитного проводника.

Следовательно, в двухпроводных сетях (фазный и нулевой PEN проводники) и четырехпроводных сетях (три фазных и нулевой PEN проводники) с глухозаземленной нейтралью минимальная площадь сечения медного нулевого проводника должна составлять  $10 \text{ мм}^2$ , а алюминиевого –  $16 \text{ мм}^2$ . Это практически неприемлемо в групповых осветительных сетях, в которых в основном применяются фазные проводники с площадью сечения  $1,5\text{--}4 \text{ мм}^2$ . Отсюда следует вывод о необходимости применения в установках с глухозаземленной нейтралью осветительных сетей с разделенными нулевыми проводниками N и PE.

## 8. ЗАЩИТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания (КЗ), обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности. Кроме того, от токов длительной перегрузки защищаются следующие осветительные сети [1]:

- выполненные открыто проложенными проводниками с горючей изоляцией или наружной оболочкой;
- в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных зонах;
- сети всех видов и назначений во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa.

Для защиты осветительных сетей, как правило, используются автоматические выключатели. Предохранители имеют ограниченное применение. Одним из преимуществ автоматов перед предохранителями является возможность использования их не только в качестве аппарата защиты, но и коммутации. Для защиты осветительных сетей следует применять автоматы с расцепителями, имеющими обратно зависимую от тока защитную характеристику. Автоматические выключатели, имеющие только электромагнитный расцепитель, для осветительных сетей применять не рекомендуется.

Считается, что надежное отключение тока КЗ обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ (одно-, двух-, трехфазного) к номинальному току расцепителя автомата или плавкой вставки предохранителя будет не менее трех в невзрывоопасных зонах. Во взрывоопасных зонах это отношение должно быть не менее четырех для предохранителей и шести — для автоматических выключателей с обратной зависимой от тока характеристикой [1].

Для обеспечения избирательности защиты номинальный ток каждого защитного аппарата рекомендуется принимать на две ступени большим тока следующего аппарата, считая от электроприемника, наиболее удаленного от источника питания. Допускается минимальная разница на одну ступень. Данное указание не относится к вводным автоматам, которые выбираются на наибольший для данного типа ток в целях повышения устойчивости к токам КЗ и которые не предназначены служить аппаратами защиты [7].

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности минимальными по расчетным токам защищаемых участков сети.

В осветительных сетях пиковые нагрузки возникают из-за наличия у источников света пусковых токов. У ламп накаливания они обусловлены тем, что сопротивление вольфрамовой нити в холодном состоянии примерно в 15 раз меньше, чем в нагретом. Поэтому пиковый ток при включении ламп накаливания достигает пятнадцатикратного значения рабочего тока. Длительность пикового тока составляет примерно 0,06 с. За это время не срабатывает тепловая защита и не перегорают плавкие вставки предохранителей. Учитывать пиковые токи необходимо при выборе некоторых типов автоматических выключателей с комбинированными расцепителями, чтобы исключить срабатывание отсечки [9].

Пусковые токи люминесцентных ламп низкого давления незначительны и кратковременны, что дает основание не учитывать их при расчете защиты осветительных сетей от сверхтока. В то же время пусковые токи мощных ламп накаливания, ламп типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ следует принимать в расчет при выборе аппаратов защиты. Лампы типа ДРЛ и ДРИ имеют кратность пускового тока по отношению к номинальному 1,6. Однако стабилизация рабочего тока происходит примерно за 250 с. Токовая отсечка на пиковый ток указанных ламп не реагирует, но в ряде случаев приходится завышать на 20–40 %

номинальные токи тепловых расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей, чтобы избежать их срабатывания при включении освещения. Для того чтобы убедиться в том, что защита отстроена от пусковых токов, необходимо воспользоваться защитными (времятоковыми) характеристиками автоматов и предохранителей [13].

Номинальный ток плавких вставок предохранителей или расцепителей автоматов, применяемых для защиты групповых линий, не должен превышать 25 А. В группах, питающих газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более или лампы накаливания 500 Вт и более, а также в сетях напряжением до 42 В допускается применять защитные аппараты с номинальным током до 63 А. При этом ответвления от этих линий длиной до 3 м при любом способе прокладки и любой длины при прокладке в стальных трубах разрешается не защищать от сверхтоков [1]. Лампы мощностью 10 кВт и более должны питаться отдельными линиями и иметь аппараты защиты, соответствующие их рабочим токам.

Указанные требования к токам защитных аппаратов имеют целью ограничить объем возможных аварий, ускорить нахождение места повреждения и облегчить выяснение причины отказа осветительной линии.

При защите групповых линий автоматами с тепловыми или комбинированными расцепителями, установленными в закрытых шкафах или щитках, рабочий ток групповой линии не должен превышать 90 % номинального тока расцепителя автомата.

Защита от сверхтоков осуществляется в тех местах, где сеть меняет сечение проводников, материал проводников или способ их прокладки, при условии, что эти изменения приводят к уменьшению допустимых токов. В осветительных сетях защитные аппараты устанавливаются, как правило, в осветительных щитках, так как именно в местах их размещения могут выполняться вышеуказанные изменения.

Кроме того, аппараты защиты должны устанавливаться на линиях, отходящих от распределительных щитов, панелей, шкафов и других распределительных устройств, в местах присоединения осветительных сетей к силовым магистралям, на вводах в здание при питании от отдельно стоящих подстанций или подстанций, не обслуживаемых персоналом потребителя, а также со стороны первичного и вторичного напряжения осветительных трансформаторов.

Защита со стороны высшего напряжения не обязательна, если трансформаторы (не более трех) питаются от осветительных щитков самостоятельными группами.

Аппараты защиты осветительных сетей следует располагать по возможности группами в доступных для обслуживания местах. Рассредоточенная установка устройств защиты допускается при питании освещения от распределительных магистралей [1].

Выбранные сечения проводников должны соответствовать их защитным аппаратам, что проверяется по условию

$$I_{\text{доп}} \geq I_3 \cdot K_3 / K_n, \quad (8.1)$$

где  $K_3$  – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата;

$I_3$  – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата.

По выражению (8.1) допускается применение ближайшего меньшего сечения проводника, но не меньшего, чем это требуется по условию нагрева расчетным током, если сеть не нуждается в защите от перегрузки.

В сетях, не требующих защиты от перегрузки, принимаются следующие минимальные значения коэффициента  $K_3$ :

0,33 – для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

0,22 – для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только отсечку;

1,0 – для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой;

0,8 – для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой.

Наличие аппарата защиты с завышенными значениями  $I_3$  не является обоснованием для увеличения сечения проводников сверх принятого по расчетному току. Если условие (8.1) не удовлетворяется, то в сети до 1 кВ следует рассчитать ток однофазного КЗ и определить его кратность по отношению к  $I_3$ .

Если расчетная проверка показала, что кратности тока КЗ меньше нормируемых значений, то отключение однофазных КЗ в сети до 1 кВ должно обеспечиваться специальной защитой.

Для электрических сетей, защищаемых от перегрузки, при проверке условия (8.1) значения  $K_3$  принимаются по табл. 8.1.

Кратности допустимых токовых нагрузок на проводники по отношению к номинальным токам или токам срабатывания защиты

Проводник	Вид защитного аппарата	$I_n$	$K_n$
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,25*
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,25*
Кабели с бумажной изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,0
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,0
Проводники всех марок	Автоматический выключатель с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой	Номинальный ток расцепителя	1,0
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Автоматический выключатель с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	1,0
Кабели с бумажной изоляцией и с изоляцией из вулканизированного полиэтилена	Автоматический выключатель с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	0,8

\* Для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается принимать  $K_n = 1$ .

Для сетей, защищаемых от перегрузки, рекомендуется обеспечивать кратности, приведенные в табл. 8.1, не прибегая к возможности применения ближайшего меньшего сечения [1].

## 9. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

*Расчет электрической сети рабочего освещения*

Произведем расчет сечений проводов и кабелей, питающих светильники, установленные в механическом цехе и материальной

кладовой, расположенных в здании, план которого представлен на рис. 5.1, а результаты светотехнического расчета указанных помещений – на рис. 5.2. Питание осветительных установок осуществляется в соответствии со схемой, показанной на рис. 9.1, от двухтрансформаторной подстанции с трансформаторами типа ТМГ-1000, имеющими следующие паспортные данные:  $\Delta P_{\text{кз}} = 10,8 \text{ кВт}$ ;  $U_{\text{к}} = 5,5 \%$ . Трансформаторы работают с коэффициентом мощности нагрузки  $\cos\varphi = 0,9$ , коэффициент загрузки трансформаторов  $\beta_{\text{т}} = 0,8$ . Щиток рабочего освещения ЩО проектируемого здания питается от распределительного щитка освещения РЩО1, а аварийного освещения ЩАО – от РЩО2. Помимо щитков ЩО и ЩАО от РЩО1 и РЩО2 питаются другие щитки предприятия. Их суммарные приведенные моменты  $M_{\text{пр}}$ , расчетные нагрузки  $P_{\text{р}}$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi$  приведены на рис. 9.1. Там же указаны длины питающих линий П1 – П4.

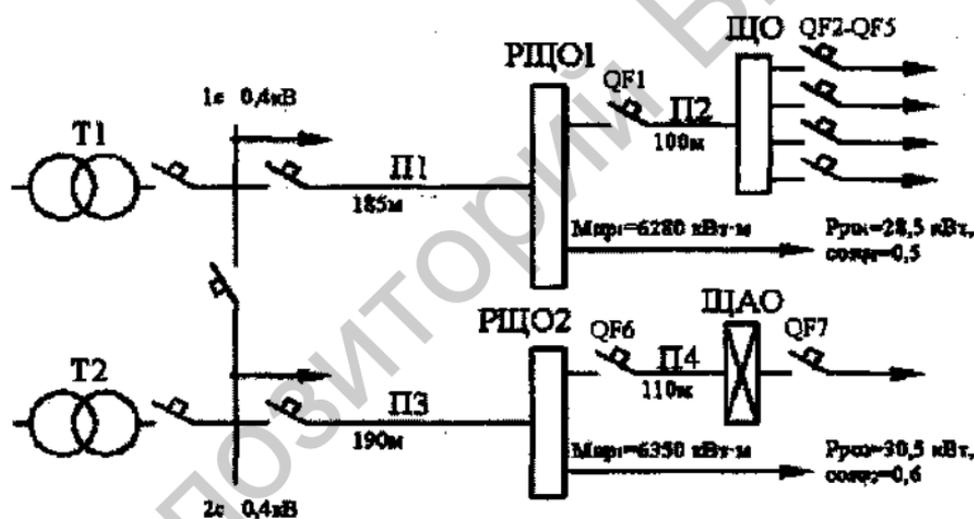


Рис. 9.1. Схема питания осветительных установок

В результате светотехнического расчета получено, что освещение ремонтно-механического цеха выполняется тремя рядами, каждый из которых содержит по четыре светильника с лампами типа ДРЛ мощностью  $P_{\text{л}} = 400 \text{ Вт}$ , кроме ряда линии С2 (рис. 5.2), в котором исключается один светильник, расположенный над помещением материальной кладовой, имеющей меньшую строительную высоту, а из ряда светильников линии С3 в расчете рабочего освеще-

щения не учитываются два светильника, используемые для аварийного освещения. Таким образом, общее число световых приборов рабочего освещения в цехе  $N = 3 \cdot 4 - 1 - 2 = 9$  штук.

Для освещения материальной кладовой применено два ряда светильников с люминесцентными лампами, в каждом ряду располагается по четыре одноламповых светильника с лампой мощностью  $P_{ном} = 18$  Вт.

Наметим основные решения по конструктивному исполнению осветительных сетей. Линию С1 принимаем в однофазном исполнении и выполняем трехжильным кабелем (фаза L2, нулевые проводники N и PE). Кабель прокладывается открыто по строительным элементам здания с креплением скобами. Групповые линии С2 и С4 принимаются трехфазными и выполняются пятижильными кабелями. Линия С3 – однофазная, так как в данном ряду два светильника используются в системе освещения для эвакуации и запитываются отдельной линией от щитка аварийного освещения ЩАО. Кабельные линии С2, С3 и С4 прокладываются на тросах. Питающие линии П1 – П4 выполняются кабелями, проложенными на лотках. Из экономических соображений для всех линий выбираем кабели с алюминиевыми жилами марки АВВГ. Распределение светильников по фазам L1, L2 и L3 производим таким образом, чтобы в максимальной степени уменьшить проявления стробоскопического эффекта и по возможности равномерно загрузить фазы.

Длины участков линий (до первого светильника, до разветвления, между соседними светильниками и др.) определяются по плану здания с учетом вертикальной и горизонтальной прокладки кабелей.

Принимаем для линии С1 длину участка вертикальной трассы 2,5 м, а для С2 – С4 – 6 м. Тогда расстояние от щитка рабочего освещения ЩО до разветвления линии С1:  $l_1 = 2,5 + 26,5 = 29$  м. Длина от точки разветвления до центра приложения суммарной нагрузки каждого плеча ответвления:  $l_2 = 1,5 + 3 = 4,5$  м. Расстояние от ЩО до первого светильника линии С2:  $l_1 = 6 + 5,5 = 11,5$  м, линии С3:  $l_1 = 6 + 11 = 17$  м, линии С4:  $l_1 = 6 + 9,5 = 15,5$  м. Расстояние между соседними светильниками в ряду системы рабочего освещения для линий С2 и С4 составляет 6 м, а для линии С3 – 12 м (рис. 5.2).

Определим расчетные нагрузки групповых линий по формуле (7.1), приняв  $K_c = 1$ :

линия С1:  $P_{р1} = 1,2 \cdot 8 \cdot 0,018 = 0,17$  кВт;

линия С2:  $P_{p2} = 1,1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 1,32$  кВт;

линия С3:  $P_{p3} = 1,1 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,88$  кВт.

По трехфазной линии С4 питаются четыре светильника, что не позволяет равномерно распределить их по фазам. К фазам L1 и L2 подключается по одному светильнику, а к фазе L3 – два.

Расчетная нагрузка наиболее загруженной фазы L3

$$P_{рмф} = 1,1 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,88 \text{ кВт.}$$

В этом случае расчетная нагрузка групповой линии С4 [16]

$$P_{p4} = 3 \cdot P_{рмф}; \quad P_{p4} = 3 \cdot 0,88 = 2,64 \text{ кВт.}$$

Для линии, питающей осветительный щиток РЩО1,  $K_c = 0,95$ , а для ЩО  $K_c = 1$ . Тогда их расчетные нагрузки

$$P_{рп1} = 0,95 \cdot (28,5 + 0,17 + 1,32 + 0,88 + 2,64) = 31,83 \text{ кВт;}$$

$$P_{рп2} = 1 \cdot (0,17 + 1,32 + 0,88 + 2,64) = 5,01 \text{ кВт.}$$

*Выбор сечения проводников линии, питающей РЩО1*

Для расчета освещения цеха необходимо выбрать сечение жил кабеля линии, питающей РЩО1, и определить в ней потерю напряжения.

Рассчитаем допустимую потерю напряжения в сети электрического освещения, начиная от шин ТП и заканчивая зажимами наиболее удаленного светильника. Для этого предварительно вычислим потерю напряжения в силовом трансформаторе, используя выражения (7.11)–(7.12):

$$U_{ка} = \frac{10,8}{1000} \cdot 100 = 1,08 \%,$$

$$U_{кр} = \sqrt{5,5^2 - 1,08^2} = 5,4 \%,$$

$$U_T = 0,8 \cdot (1,08 \cdot 0,9 + 5,4 \cdot 0,435) = 2,66 \%.$$

Тогда величина допустимой потери напряжения в сети электрического освещения по формуле (7.10):

$$\Delta U_{доп} = 10 - 2,66 = 7,34 \%.$$

Для выбора сечений жил питающих кабелей определим собственные моменты нагрузок соответствующих линий (см. рис. 5.2, 9.1) по формулам (7.14)–(7.15):

линия, питающая РЩО1:  $M_{П1} = 31,83 \cdot 185 = 5888,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ ;

линия, питающая ЩО:  $M_{П2} = 5,01 \cdot 100 = 501 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ ;

линия С1:  $m_1 = 0,17 \cdot 29 + 0,085 \cdot 4,5 = 5,31 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ ;

линия С2:  $M_2 = 1,32 \cdot (11,5 + 6 \cdot (3 - 1)/2) = 23,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ ;

линия С3:  $m_3 = 0,88 \cdot (17 + 12 \cdot (2 - 1)/2) = 20,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ ;

линия С4:  $M_4 = 2,64 \cdot (15,5 + 6 \cdot (4 - 1)/2) = 64,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}$ .

Для выбора сечения проводников линии, питающей РЩО1, по допустимой потере напряжения необходимо определить ее приведенный момент нагрузки по формуле (7.20):

$$M_{пр1} = 5888,6 + 6280 + 501 + 23,1 + 64,7 + 1,85 \cdot (5,31 + 20,2) = 12804,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Тогда сечение жил питающего кабеля определяется в соответствии с формулой (7.19):

$$F_{п1} = \frac{12804,2}{48 \cdot 7,34} = 36,3 \text{ мм}^2.$$

Полученное сечение округляем до ближайшего большего стандартного значения  $50 \text{ мм}^2$ . Выбираем кабель АВВГ-5х50-0,66 с допустимым током при прокладке в воздухе  $I_{доп} = 0,92 \cdot 110 = 101,2 \text{ А}$  (по табл. 7.3 как для трехжильного кабеля с понижающим коэффициентом 0,92 на четвертую рабочую жилу).

Проверим выбранный кабель по условию допустимого нагрева (7.7), принимая для нормальных условий прокладки  $K_{п} = 1$ . Определим средневзвешенное значение коэффициента мощности нагрузки линии по выражению (7.6):

$$\cos \varphi_{П1} = (0,5 \cdot 28,5 + 0,5 \cdot 4,84 + 0,85 \cdot 0,17) / (28,5 + 4,84 + 0,17) = 0,5.$$

Расчетный ток линии находим по формуле (7.3):

$$I_{рП1} = \frac{31,83}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,5} = 92,26 \text{ А}.$$

Так как  $101,2 > 92,26$  А, то выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева.

Производим расчет фактической потери напряжения в линии, питающей РЩО1, по собственному моменту линии по выражению (7.18):

$$\Delta U_{\text{П1}} = \frac{5888,6}{48 \cdot 50} = 2,45 \text{ \%}.$$

Таким образом, оставшаяся величина допустимой потери напряжения

$$\Delta U'_{\text{доп}} = 7,43 - 2,45 = 4,89 \text{ \%}.$$

*Выбор сечений проводников линии, питающей ЩО*

Определим площадь сечения жилы кабеля линии, питающей ЩО, по приведенному моменту ее нагрузки:

$$M_{\text{пр2}} = 501 + 23,1 + 64,7 + 1,85 \cdot (5,31 + 20,2) = 636 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$F_{\text{н2}} = \frac{636}{48 \cdot 4,89} = 2,71 \text{ мм}^2.$$

Принимаем сечение жилы кабеля  $4 \text{ мм}^2$ . Кабель марки АВВГ-5х4-0,66 с допустимым током по нагреву  $I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 27 = 24,84$  А при прокладке в воздухе. Проверяем сечение жил кабеля по допустимому нагреву. Для этого определим расчетный ток линии, предварительно вычислив средневзвешенное значение коэффициента мощности:

$$\cos \varphi_{\text{П2}} = (0,5 \cdot 4,84 + 0,85 \cdot 0,17) / (4,84 + 0,17) = 0,51;$$

$$I_{\text{рП2}} = \frac{5,01}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,51} = 14,24 \text{ А}.$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева ( $24,84 > 14,24$  А).

Фактическая потеря напряжения в линии, питающей ЩО:

$$\Delta U_{\text{П2}} = \frac{501}{48 \cdot 4} = 2,61 \text{ \%}.$$

Таким образом, оставшаяся величина допустимой потери напряжения, по которой производится расчет групповой сети:

$$\Delta U''_{\text{доп}} = 4,89 - 2,61 = 2,28 \text{ \%}.$$

*Выбор сечений проводников групповых линий.*

Определяем сечение жил кабеля однофазной линии С1, исходя из оставшейся величины допустимой потери напряжения:

$$F_{C1} = \frac{4,4}{8 \cdot 2,28} = 0,24 \text{ мм}^2.$$

Принимаем сечение жилы кабеля  $2,5 \text{ мм}^2$ . Кабель марки АВВГ-3х2,5-0,66 с допустимым током по нагреву  $I_{\text{доп}} = 21 \text{ А}$  при прокладке в воздухе (используем данные табл. 7.3 для двухжильного кабеля). Проверяем сечение жил кабеля по допустимому нагреву:

$$I_{pC2} = \frac{0,17}{0,23 \cdot 0,85} = 0,87 \text{ А}.$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева.

Фактическая потеря напряжения в линии С1:

$$\Delta U_{C1} = \frac{4,4}{8 \cdot 2,5} = 0,22 \text{ \%}.$$

Производим такой же расчет для трехфазной групповой линии С2:

$$F_{C2} = \frac{23,1}{48 \cdot 2,28} = 0,21 \text{ мм}^2.$$

Принимаем сечение жилы кабеля  $2,5 \text{ мм}^2$ . Кабель марки АВВГ-5х2,5-0,66 с допустимым током по нагреву  $I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 19 = 17,48 \text{ А}$  при прокладке в воздухе:

$$I_{pC1} = \frac{0,17}{0,23 \cdot 0,85} = 0,87 \text{ А}.$$

Выбранный по допустимой потере напряжения кабель удовлетворяет условию нагрева.

Фактическая потеря напряжения в линии С2:

$$\Delta U_{C1} = \frac{23,1}{48 \cdot 2,5} = 0,19 \text{ \%}.$$

Расчет линий С3 и С4 производится аналогично. Результаты расчетов питающих и групповых линий приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Результаты расчета электрических сетей рабочего освещения

Линия	Сечение жилы по потере напряжения, мм <sup>2</sup>	Расчетный ток линии, А	Марка кабеля, количество и сечение жил, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток кабеля, А	Фактическая потеря напряжения, %
П1	50	92,26	АВВГ-5х50	101,2	2,45
П2	4	14,24	АВВГ-5х4	24,84	2,61
С1	2,5	0,87	АВВГ-3х2,5	21	0,22
С2	2,5	3,83	АВВГ-5х2,5	17,48	0,19
С3	2,5	7,65	АВВГ-3х2,5	21	1,01
С4	2,5	7,65	АВВГ-5х2,5	17,48	0,55

#### Расчет электрической сети аварийного освещения

Конструктивное исполнение сети освещения для эвакуации в механическом цехе такое же, как и рабочего освещения. Групповая однофазная линия выполняется трехжильным кабелем, смонтированным на тресе. Светильники с пиктограммой «Выход» размещаются на высоте три метра над входными дверями и присоединяются к групповой линии кабелем с минимальным сечением жил (2,5 мм<sup>2</sup>), проложенным открыто на тресе и по стене с креплением скобами.

Расчет электрической сети аварийного освещения выполняется в той же последовательности и по тем же формулам, что и системы рабочего освещения. Также необходимо выбрать сечения проводников всех звеньев цепи передачи электроэнергии от трансформатора к световым приборам: линии, питающей распределительный щиток РЩО2; линии, питающей щиток аварийного освещения ЩАО; групповой линии эвакуационного освещения.

Опуская промежуточные расчеты, приведем полученные результаты в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Результаты расчета электрических сетей аварийного освещения

Линия	Сечение жилы по потере напряжения, мм <sup>2</sup>	Расчетный ток линии, А	Марка кабеля, количество и сечение жил, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток кабеля, А	Фактическая потеря напряжения, %
ПЗ	35	72	АВВГ-5х35	82,8	3,37
П4	4	7,7	АВВГ-3х4	29	3,03
С5	2,5	7,7	АВВГ-3х2,5	21	0,7

#### Выбор осветительных щитков и защитных аппаратов

Щитки освещения выбираются в зависимости от требуемого количества автоматических выключателей и расчетных токов присоединяемых линий. Для рабочего и аварийного освещения принимаем групповые щитки серии ЩО 8505 с однополюсными автоматическими выключателями типа ВА61F29-1В на групповых линиях. В щитке рабочего освещения требуется восемь автоматов (линия С1 – 1, С2 – 3, С3 – 1, С4 – 3 шт.). Принимаем щиток типа ЩО 8505 – 0209 (схема № 02, количество выключателей – 09) с зажимами на вводе. Один выключатель является резервным, что может оказаться полезным в условиях эксплуатации осветительных установок. В качестве ЩАО выбираем щиток типа ОП-3 с тремя однофазными выключателями на групповых линиях (два из них резервные) с зажимами на вводе.

Электрическая осветительная сеть механического цеха не требует защиты от перегрузки, а в пожароопасном помещении кладовой такая защита необходима. Однако поскольку в щитке применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем, ими осуществляется защита всех линий от токов КЗ и длительной перегрузки.

Выбор номинального тока расцепителя автомата, защищающего линию, питающую светильники с люминесцентными лампами низкого давления, производится по условию

$$I_{\text{ном р}} \geq I_{\text{р}}$$

Тогда для линии С1

$$I_{\text{ном р}} \geq 0,87 \text{ А.}$$

По табл. 6.8 принимаем

$$I_{\text{ном р}} = 1 \text{ А.}$$

При установке автоматов в закрытых щитках рабочий ток групповой линии не должен превышать  $0,9 I_{\text{ном р}}$ , что в данном случае выполняется.

Кратность тока отсечки автомата по отношению к номинальному току расцепителя принимаем равным 3. В этом случае ток срабатывания электромагнитного расцепителя  $I_{\text{ср р}} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ А}$ .

Принимаем выключатель типа ВА61F29 – 1В с номинальным током автомата 63 А и номинальным током расцепителя 1 А.

Выбор номинальных токов расцепителей автоматических выключателей для защиты линий, питающих светильники с лампами типа ДРЛ осуществляется с учетом пусковых токов ламп по выражению

$$I_{\text{ном р}} \geq 1,3 I_p.$$

Например, для линии С2

$$I_{\text{ном р}} \geq 1,3 \cdot 3,83 = 4,98 \text{ А.}$$

Принимаем для защиты трехфазной групповой линии три однополюсных автоматических выключателя типа ВА61F29 – 1В с  $I_{\text{ном р}} = 5 \text{ А}$ . Ток срабатывания электромагнитного расцепителя  $I_{\text{ср р}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ А}$ .

Выбор аппаратов защиты для остальных линий производится аналогично. Результаты расчета представлены табл. 9.3.

Таблица 9.3

### Защитные аппараты для осветительной сети

Защищаемая линия	Расчетный ток линии, А	Количество автоматов, шт.	Тип автомата	Номинальный ток расцепителя, А	Кратность токовой отсечки	Ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А
П2	14,24	1	ВА61F29 – 3С	20	5	100
П4	7,65	1	ВА61F29 – 3С	10	5	50
С1	0,87	1	ВА61F29 – 1В	1	3	3
С2	3,83	3	ВА61F29 – 1В	5	3	15
С3	7,65	1	ВА61F29 – 1В	10	3	30
С4	7,65	3	ВА61F29 – 1В	10	3	30
С5	7,65	1	АЕ1000	10	12	120

Для выбора типов щитков РЩО1, РЩО2 необходима информация о подключаемых к ним линиях. Поскольку данная информация отсутствует, выбраны только автоматы на линиях, питающих ЩО и ЩАО проектируемого здания.

Проверка выбранных сечений проводников по условию соответствия аппаратам защиты производится по выражению (8.1), приняв в качестве номинального тока защитного аппарата  $I_3$  значение  $I_{ном.р}$ , а  $K_3 = 1$ .

Для иллюстрации произведем проверку сечения жил кабеля линии П2:

$$I_{доп} \geq 1 \cdot 20 = 20 \text{ А.}$$

Так как  $I_{доп} = 24,84 \text{ А} > 20 \text{ А}$ , то выбранное сечение жил кабеля соответствует аппарату максимальной токовой защиты.

Расчеты, проведенные для остальных линий, дают аналогичные результаты.

На основе проведенных вычислений и принятых проектных решений составляются расчетные схемы для рабочего и аварийного освещения, показанные на рис. 9.2, выполненные в соответствии с прил. 4 и 5.

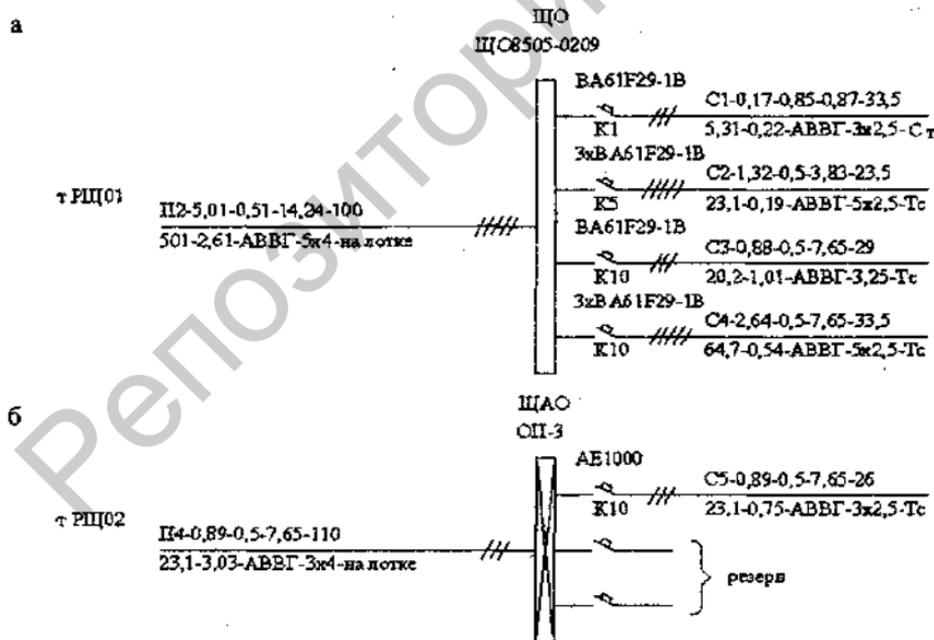


Рис. 9.2. Расчетные схемы осветительной сети:  
а – рабочего освещения; б – аварийного освещения

*Управление освещением и техническое обслуживание светильников.*

В помещении механического цеха предусматривается централизованное управление светильниками с групповых щитков ЩО и ЩАО с помощью однополюсных автоматических выключателей, осуществляющих защиту линий от сверхтоков.

Для кладовой принято местное управление освещением двухпозиционным выключателем, установленным у входной двери снаружи помещения. Это позволяет управлять группами светильников каждого ряда, что способствует рациональному использованию электроэнергии на освещение.

Техническое обслуживание светильников в механическом цехе производится с передвижных подмостей, а в помещении кладовой — с лестницы — стремянки.

## **10. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТОВ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Планы расположения электрооборудования выполняют с учетом требований ГОСТ 21.608-84. На планах расположения наносят:

– строительные конструкции в виде упрощенных контуров сплошными линиями;

– комплектные распределительные устройства на напряжение до 1000 В, относящиеся к питающей сети (распределительные щиты, щиты станций управления, распределительные ящики и шкафы управления, вводно-распределительные устройства), и их обозначения;

– групповые щитки и их обозначения;

– понижающие трансформаторы;

– выключатели, штепсельные розетки (в жилых домах — включая розетки для электроплит и других бытовых электроприемников);

– линии питающей и групповой сети, сети управления освещением, их обозначения, сечения, а при необходимости — марку и способ прокладки проводников;

– другое электрооборудование, относящееся к электрическому освещению;

и указывают:

– наименования помещений;

- классы взрыво- и пожароопасных зон, категорию и группу взрывоопасных смесей для взрывоопасных зон в соответствии с [1];
- нормируемую освещенность для каждого помещения;
- тип, мощность, высоту подвеса над рабочей поверхностью и расположение светильников или рядов светильников с привязкой к элементам строительных конструкций или координатным осям здания (сооружения).

Кроме того, на планах расположения электрооборудования следует указывать количество проводов (жил кабеля) на участках между элементами системы освещения и фазу, к которой подключается данный осветительный прибор (при трехфазной групповой сети).

Порядок записи условных обозначений на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения по ГОСТ 21.608-84 приведен в прил. 4. При наличии в здании одинаковых по размеру помещений (участков помещений) с одинаковыми техническими решениями освещения электрическое оборудование, электрические сети и другие элементы на планах расположения допускается изображать не для всех, а для части помещений. Допускается также приводить фрагменты планов расположения для отдельных типовых помещений.

Принципиальные схемы питающей сети, схемы дистанционного управления и схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжении до 1000 В выполняют в однолинейном изображении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на выполнение электротехнических схем и с требованиями ГОСТ 21.608-84.

Принципиальные схемы питающей сети допускается выполнять с учетом расположения электрического оборудования по частям и этажам здания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. СНБ 2.04.05-98. Естественное и искусственное освещение. – М.: Министерство архитектуры и строительства, 1998. – 59 с.
3. ГОСТ 30331.2-95 (МЭК 364-3-93). Электроустановки зданий. Ч.3. Основные характеристики.
4. ГОСТ 30331.3-95 (МЭК 364-4-41-92). Электроустановки зданий. Ч.4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
5. Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП II-4-79) / НИИСФ. – М.: Стройиздат, 1985. – 384 с.
6. П2–2000 к СНиП 2.08.01-89. Электроустановки жилых и общественных зданий. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2001. – 77 с.
7. СН 357-77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1977. – 96 с.
8. *Кнорринг, Г.М., Фадин, И.М., Сидоров, В.Н.* Справочная книга для проектирования электрического освещения. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
9. *Кнорринг, Г.М.* Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 288 с.
10. *Лукина, Т.О., Тульчин, И.К.* Освещение предприятий бытового обслуживания. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 88 с.
11. *Оболенцев, Ю.Б., Гиндин, Э.Л.* Электрическое освещение общепромышленных помещений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
12. *Радкевич, В.Н.* Проектирование систем электроснабжения. – Минск: НПО «Пион», 2001. – 292 с.
13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина, Л.Е. Фёдорова, М.Г. Зименкова, А.Г. Смирнова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
14. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
15. *Тульчин, И.К., Нудлер, Г.И.* Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480 с.

16. Федоров, А.А., Каменева, В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
17. Козловская, В.Б., Радкевич, В.Н., Сацкевич, В.Н. Электрическое освещение: учебное пособие. – Минск: БНТУ, 2005. – 166 с.
18. Рохлин, Г.Н. Разрядные источники света. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 719 с.
19. Электролюминесцентные источники света / И.К. Верещагин, Б.А. Ковалев, Л.А. Косяченко, С.М. Кокин; под ред. И.К. Верещагина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.
20. Епанешников, М.М. Электрическое освещение: учебное пособие для студентов высших учебных заведений – М.: Энергия, 1973. – 352 с.
21. Кириленко, А.И., Чернявский, С.Н. Светоизлучающие диоды – перспективные твердотельные источники света // Энергия и Менеджмент. – № 3. – 2004. – С. 20.
22. Козловская, В.Б., Радкевич, В.Н., Сацкевич, В.Н. Электрическое освещение: справочник. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Репозиторий БНТУ

Таблица П1

Характеристика производственных объектов и рекомендуемые для них осветительные приборы

1	2	3	4	5	6	7
Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая или света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА						
1. Электростанции: а) машинные залы	200	Норм.	4-8	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, 08, РСП 18
б) котельные	100 (75)	Пыльная, жаркая	4-8	IP20, IP54, P60	К, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, РСП 05, РСП 13, РСП 14, РСП 18, (НСП 17)
в) подвалы	50 (30)	Сырая	2,5-4	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСП 21, РЛП 01, (НПШ 03)
г) подстанции	100	Норм.	4-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08
д) открытые распределительные установки	75	Вне помещений	6-11	IP53, IP54	Ш	РКУ 02, РКУ 03, ЖКУ 01, ЖКУ 13,

1	2	3	4	5	6	7
<b>НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Нефтеперерабатывающие станции: насосные залы	150 (100)	В-Ia	6-9	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
<b>НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ И НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Машинные залы насосных, помещения скрубберов, охладителей, абсорберов, змеевиков	150 (100)	В-Ia	6-9	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, В3Г-100, НСП 23
2. Внешние установки: а) оборудование на площадках, этажерках	10 (5)	В-Iг	6-11	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
б) сливно-наливные эстакады	10 (5)	В-Iг	6-11	2ExdeIICT2,4-6	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
в) склады нефтепродуктов	75 (50)	В-Iг	6-11	1ExdeIICT2,4-6	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
<b>ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Компрессорные	150 (100)	В-Ia	6-9	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
<b>ГОРНО-ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Подземные выработки шахт	75 (50)	В-Ia	2-3	РВ, IBA	М	ЛСР 01-20.05, (СШС I.1М, СШС 2.1М, НСР 01)
2. Обогащительная фабрика	200 (150)	Химически активная	3-6	IP54	Д, Г	ЛСП 10, РСП21, РСП 25, РПП 01, (НШ 03, НСП 11, НСР 01)

1	2	3	4	5	6	7
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
Производство жидких моющих, чистящих средств, химвалителей, олифы, красок	150 (100)	В-Ia	4-7	1ExdelICT4,5,6 2ExdelICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
	200	П-II	4-7	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
2. Производство полиэтиленовой пленки, сварка пакетов	200	П-II	4-7	IP33, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	200 (150)	В-II	4-7	1ExdelICT4,5,6 2ExdelICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
3. Цех синтетических моющих порошков	200	Норм.	4-7	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	200 (150)	В-Ia, П-II	4-7	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, (НСР 01)
4. Производство пластмасс	200 (150)	В-Ia, В-II	4-7	1ExdelICT4,5,6 2ExdelICT4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
	150	П-II	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25,
5. Производство резиновых технических изделий а) подготовительный цех	150	П-I	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
	200	П-I	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
б) автоклавный цех	200	П-I	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
в) цех вулканизации	200	П-I	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
г) сборочный цех	200	П-II	6-12	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25

1	2	3	4	5	6	7
<b>МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО</b>						
1. Сталеплавильные цеха	200	Пыльная, жаркая	12-30	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
2. Цеха горячего проката	200	Пыльная, жаркая	12-18	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13
3. Цеха холодного проката	200	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
4. Литейные цеха: а) смешанного типа	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
б) стержневое и формовочное отделение	300	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
в) плавильно-заливочное отделение	200	Пыльная, жаркая	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
г) отделение выливки форм	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
д) отделение обрубки и очистки литья	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И СТАНКОСТРОЕНИЕ</b>						
1. Механические, инструментальные и электроремонтные цеха	300	Норм.	3,5-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
2. Ремонтно-механические цеха	400	Норм.	3,5-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
3. Кузнечные, штамповочные цеха	200	Пыльная	12-18	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ЛВЛМ

1	2	3	4	5	6	7
4. Сварочные цеха	200	Пыльная	12-18	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ПВЛМ
5. Гальванические цеха	300 (200)	Сырая, хим. активная	4-10	IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, РСП 13, РПП 01, (НПП 03)
6. Участок шлифовки, полировки	300	Пыльная	4-6	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ПВЛМ
7. Окрасочные цеха	200 (150)	В-Ia	6-12	1ExdelICT4,5,6 2ExdelICT2,4,5	М	H4T4Л, H4T5Л, (B3Г-100, HСП 23)
8. Сборочные цеха: а) точная сборка	750	Норм.	4,2-7	IP20	Д, Г	13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
б) сборка средней точности	300	Норм.	7-18	IP20	Д, Г	13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) сборка малой точности	200	Норм.	7-18	IP20	Д, Г	13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
<b>ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Отделение лесопильное, машинной обработки древе- сины, обработки фанеры, деревообрабатывающих плит	200	П-П	4,8-7,2	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
2. Участки сборки столярных изделий	300	П-П	4,8-7,2	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСП 13, РСП 25
3. Отделения шлифовки и полировки деревянных дета- лей и изделий	500 (300)	В-IIa	4,8-7,2	IP64, IP65, 2ExdПТ2,3	М, Д, Г	ЛСП 18, (НПП 03, B3Г/B4A, H4B)

1	2	3	4	5	6	7
4. Отделения покрытия изделий лаком	300 (200)	В-Ia	4,8-7,2	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
<b>ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Размольно-подготовительное отделение целлюлозы	200	П-IIa Влажная	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСП 08, РСП 21
2. Отделение бумажно-и картонно-производящих машин	300	П-II	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСП 08, РСП 21
<b>ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Цеха переработки мяса, молока, овощей, фруктов	200 (150)	Сырая	4-7	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСП 08, РСП 21, (НСП 21, НСР 01)
2. Мукомольно-крупяное производство, изготовление сахара, чая	200 (150)	В-II	4-7	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100, НСП 23)
3. Булочно-кондитерское производство	300	П-IIa	4-6	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСП 08, РСП 21
4. Камеры охлаждения, заморозки и хранения пищевых продуктов	(75)	Влажная	4-6	IP53, IP54	М, Д	(НП 03, НСР 01)
<b>ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
Текстильное и трикотажное производство:	100	П-II	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
а) przygotowatелный цех						
б) чесальный цех	150	П-II	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22

1	2	3	4	5	6	7
в) крутильный, ровничный цех	300	П-П	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
г) прядильный цех	300	П-П	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
д) ткацкий цех	500	П-П	4,8-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
е) красильный цех	200	П-Па, влажная	6-7,2	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
ж) печатный и отделочный цех	300	П-Па	6-7,2	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
з) вязальный цех	500	П-П	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
2. Швейные фабрики:	600	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
а) раскройный цех	750	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
б) пошивочный цех	200	П-Па	4,8-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
в) гладильный цех	150	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
3. Производство обуви:	300	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
а) участок раскроя низа обуви	300	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
б) участок раскроя верха обуви	300	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
в) участок пошива обуви	300	П-Па	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
<b>ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>						
1. Цементное, кирпичное производство	75	Пыльная	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСР 13, РСР 21, РСР 25
2. Производство железобетон- ных конструкций	200	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСР 13, РСР 21, РСР 25
3. Арматурный цех	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСР 13, РСР 21, РСР 25

1	2	3	4	5	6	7
4. Производство строительного стекла, фаянса	200	Пыльная, жаркая	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСП 13, РСП 21, РСП 25
5. Производство строительной керамики	150	Пыльная, жаркая	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСП 13, РСП 21, РСП 25
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ</b>						
1. Механические цеха	300	Норм.	3,2-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05
2. Термические цеха	200	П-На, хим. активная	3,2-6	IP53, IP54, IP62	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
3. Цеха печатных плат	300	П-На, хим. активная	3,2-4,5	IP53, IP54, IP62	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
4. Электромонтажные, сборочные цеха	500	Норм.	3,2-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ</b>						
1. Производство силовых трансформаторов, высоковольтной аппаратуры: а) штамповочно-сварочные цеха, изготовление обмоток, механосборочные цеха	300	Норм.	6-20	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
б) участок пропитки, заливки и сушки	150 (100)	В-1а, хим. активная	3,6-7,2	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗ1-100)
	150 (100)	В-1б, хим. активная	3,6-7,2	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗ1-100)

1	2	3	4	5	6	7
2. Производство низковольтной аппаратуры, электрических машин, источников света:	400	Норм.	3,6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
а) слесарные, сборочные цеха						
б) изготовление обмоток	300	Норм.	3,6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) изготовление сердечников	200	Пыльная	4,5-15	IP53, IP54	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
г) участок сборки ламп		Норм.	3,4-7,2	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
<b>ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ</b>						
Склады:						
а) склады крупногабаритных предметов и сыпучих материалов	75	Норм.	8-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
б) инструментальные, материальные склады	75	II-IIa	4-8	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
в) склады легковоспламеняющихся жидкостей	75 (30)	В-I	4-6	1ExdeIICT4,5,6 2ExdeIICT2	М	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
г) склады масел	75	II-I	4-6	IP53, IP54	М, Д	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100)
д) склады химикатов	50	Хим. активная	4-8	IP54	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, РСП 18, РСП 13, РСП 25, РСП 18, РСП 01

1	2	3	4	5	6	7
е) склады твердых или волокнистых горючих материалов	50	П-Па	4-10	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
2. Помещения инженерных сетей и другие технические помещения: а) электропомещения с периодическим пребыванием людей	150	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
б) залы насосных и воздушных компрессорных	100	Норм., влажная	6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) диспетчерские	150	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
г) помещения дымососов, вентиляторов	150	Норм., П-Па, П-П	3-8	IP20, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
д) галереи и туннели шинно-проводов, трансформаторов, кабельные, теплофикационные, волопроводов	150 (100)	В-Ia	3-8	2ExdeHCT2	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100)
е) помещения и камеры реакторов, статических конденсаторов и сухих трансформаторов	20 (10)	Норм., П-Па	3-8	IP20, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
ж) помещения масляных трансформаторов	75	Норм	4-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	75	П-I	4-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21

1	2	3	4	5	6	7
з) главные коридоры и проходы	75 (30)	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18, (НСП 17)
и) главные лестницы	100 (30)	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, (НСП 17)
к) второстепенные коридоры и лестницы	50 (20)	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18, (НСП 17)
л) санузлы	75 (30)	Влажная	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, (НСП 17)
м) душевые	50 (20)	Особо сырая, влажная	3-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
н) преддушевые	50	Влажная	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
о) гардероб уличной одежды	75	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
п) конторские помещения	300	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
р) лаборатории, залы ЭВМ	400	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
с) проектно-конструкторские бюро	500	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
<b>ВНЕШНЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ</b>						
1. Территории промышленных предприятий, карьеров, строительных площадок	4	Вне помещений	4,5-12	IP53	Ш	ЖКУ 02, ЖКУ 03, РКУ 03
2. Освещение проездов	4	Вне помещений	4,5-12	IP53	Ш	ЖКУ 02, ЖКУ 03, РКУ 03

Таблица П2

Нормы общего освещения для некоторых помещений общественных зданий и рекомендуемые источники света

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота от пола, м	Характеристика помещений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
1	2	3	4	5
Помещения культурно-зрелищных учреждений				
Артистические, гримерные (общее освещение)	75	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Сцена	30	Пол	П-Па	ЛН
Репетиционный зал	200	Г-0,8	Нормальные	ЛДЦ, ЛЕЦ
Художественно-производственные мастерские: – живописно-декорационные	200	Пол	П-Па	ЛН
– слесарная, столярная	300	Г-0,8	–"–	ЛБ
– пошивочная, обувная, обойно-драпировочная	300	Г-0,8	–"–	ЛДЦ, ЛЕЦ
Звукоаппаратная, кабина диктора	75	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Кинопроекционная, светопроекционная, перемоточная	75	Г-0,8	П-Па	ЛН, ЛБ
Залы, предназначенные для мероприятий республиканского значения	500	Г-0,8	Нормальные	ЛДЦ, ЛЕЦ
Зрительные залы театров, концертные залы	300	Г-0,8	–"–	ЛДЦ, ЛЕЦ
Зрительные залы кинотеатров	75	Г-0,8	–"–	ЛДЦ, ЛЕЦ
Электросиловая	150	Г-0,8	–"–	ЛБ

1	2	3	4	5
Склады костюмов, гардеробные	50	Пол	П-Па	ЛН
Склады объемной декорации, мебели и реквизита	30	Пол	—	ЛН
Лечебно-профилактические учреждения				
Кабинеты хирургов, акушеров, гинекологов, травматологов, педиатров, инфекционистов, дерматовенерологов, аллергологов, стоматологов, смотровые, приемно-смотровые боксы	500	Г-0,8	Нормальные	ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ
Кабинеты врачей (в амбулаторно-клинических учреждениях, не приведенных выше)	300	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛЕЦ
Кабинеты врачей без приема больных	300	Г-0,8	—	ЛБ, ЛБЦГ
Кабинеты функциональной диагностики	150	Г-0,8	—	ЛН
Кабинеты физиотерапии	150	Г-0,8	—	ЛБ, ЛБЦГ
Кабинеты гидротерапии, лечебные ванны, душевые залы	150	Пол	Сырые	ЛБ
Рентгенкабинет диагностический	50	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Кабинет флюорографии, рентгеновских снимков зубов	200	Г-0,8	—	ЛБ
Компьютерная диагностика	400	Г-0,8	—	ЛБ, ЛЕ
Операционная	400	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛДЦ, ЛЕЦ
Наркозная, реанимационные залы, родовая, перевязочная, кабинет ангиографии	500	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ

1	2	3	4	5
Помещения аппаратов искусственного кровообращения, искусственной почки и т.д.	400	Г-0,8	—	ЛБ
Палаты детских отделений для новорожденных, послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии и для глазкомных больных, приемные фильтры и боксы, изолятор	150	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛЕЦ
Прочие палаты	100	Г-0,8	—	ЛБ, ЛБЦГ
Препараторские и лаборантские общеклинических, гематологических, биохимических и др. лабораторий	300	Г-0,8	—	ЛДЦ, ЛЕЦ
Моечная посуды	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ
Рецептурный отдел, отдел готовых лекарственных средств, оптики и ручной продажи аптек	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛБЦГ
Стерилизационная-автоклавная	150	Г-0,8	Влажные	ЛБ
Помещения для нестерильных материалов, склад хранения стерильных материалов	150	Г-0,8	П-Па	ЛБ
Помещения дезинфекционных камер	75	Пол	Влажные	ЛН
Помещения для хранения дезинфекционных средств	30	Пол	Химически активные	ЛН
Диспетчерская скорой помощи	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Помещения для приготовления питания молочных кухонь	300	Г-0,8	—	ЛБ

1	2	3	4	5
Процедурная	500	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ
Кабинеты и посты медицинских сестер	300	Г-0,8	—	ЛБ
Помещения для мытья и сушки клеенок, сортировки и хранения белья, санкомната, клизменная, санпропускник	75	Пол	Сырые	ЛБ
Материальные и центральные бельевые	150	В-1,0 на стеллажах	П-Па	ЛБ
Кабинеты главного врача, заместителя главврача, заведующего отделением	400	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛБЦТ
Регистратура	150	В-1,0 на стеллажах	П-Па	ЛБ
Коридоры в палатных отделениях	150	Пол	Нормальные	ЛБ, ЛБЦТ
Здания управления, конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательских учреждений				
Кабинеты и рабочие комнаты	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Проектные и конструкторские кабинеты	500	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Читальные залы	300	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Книгохранилища и архивы	75	В-1,0 на стеллажах	П-Па	ЛБ
Помещения для работы с дисплеями	200	В-1,2 на экране дисплея	Нормальные	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Залы заседаний	200	Г-0,8	—	ЛБ, ЛТБЦ
Учреждения финансирования				
Операционный зал, кассовый зал, помещения для пересчета денег	400	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Кладовая ценностей	200	Г-0,8	—	ЛБ
Учреждения образования				
Классы, аудитории, кабинеты, лаборатории	500	В на середине доски	—	ЛБ

1	2	3	4	5
Кабинеты информатики, вычислительной техники	200	В-1,2 на экране дисплея	—	ЛБ
Кабинеты технического черчения и рисования	500	Г-0,8	—	ЛДЦ, ЛЕЦ
Спортивные залы	200	Пол	—	ЛБ
Бассейны	300	Г на поверхности воды	Сырые	ЛБ
Дошкольные учреждения				
Групповые зоны отдыха, игральные, музыкальные и гимнастические залы	300	Г-0,5	Нормальные	ЛБ
Спальный, веранды, столовые, изоляторы	150	Г-0,5	—	ЛБ
Санатории, дома отдыха				
Палаты и спальные комнаты	150	Пол	—	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Предприятия общественного питания				
Обеденные залы, буфеты	200	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Горячие цехи	200	Г-0,8	Жаркие, влажные	ЛБ
Холодные цехи	200	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Моечные	200	Г-0,8	Сырые	ЛБ
Кондитерские цехи, помещения для мучных изделий	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Магазины				
Торговые залы магазинов: книжных, обувных, одежды, меховых изделий, головных уборов, парфюмерных, галантерейных, ювелирных, электро- и радиотоваров, продовольственных без самообслуживания	300	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ

1	2	3	4	5
Торговые залы продовольственных магазинов с самообслуживанием	400	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ
Торговые залы магазинов: посудных, мебельных, спорттоваров, стройматериалов, канцтоваров, электробытовых приборов и игрушек	200	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ
Предприятия бытового обслуживания				
Парикмахерские	400	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Фотографии:				
салон заказов	200	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
съёмочный зал	100	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
фотолаборатории	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
Прачечные:				
стиральные отделения с механической стиркой	200	Пол	Сырые	ЛБ, ЛН
стиральные отделения с ручной стиркой	200	Пол	Особо сырые	ЛБ, ЛН
сушильно-гладильные	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛХБ
Прачечные самообслуживания	200	Пол	Влажные	ЛБ, ЛН
Цех изготовления и ремонта одежды	750	Г-0,8	П-Па	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Мастерские по ремонту обуви и галантереи	300	Г-0,8	Нормальные	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Мастерские по ремонту бытовых электроприборов, изделий из металла и пластмассы	300	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
Бани:				
ожидальные — остывочные	150	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛН
раздевательные	75	Г-0,8	—	—
моечные — душевые,	75	Пол	Особо сырые, жаркие	—
парильные бассейны	100	Г на поверхности воды	Сырые	—

1	2	3	4	5
Ателье химической чистки одежды:				
салон приема и выдачи заказов	200	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛХЕ, ЛЕЦ
помещения химической чистки	200	Г-0,8	Химически активные	ЛБ, ЛХБ
помещения выведения	500	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
помещения для хранения химикатов	75	Г-0,8	—	ЛБ, ЛН
Прочие помещения				
Санитарно-бытовые помещения:				
умывальные, туалеты	75	Пол	Влажные	ЛН, ЛБ
душевые	50	—	Сырые	ЛН, ЛБ
гардеробные	50	—	П-Ша	ЛБ
Вестибюли и гардеробные уличной одежды:				
в вузах, школах, театрах, клубах, гостиницах и главных входах в крупные промышленные предприятия и общественные здания	150	—	П-Ша	ЛБ
в прочих зданиях	75	—	—	—
Главные лестничные клетки общественных, производственных и вспомогательных зданий	100	Пол (площадки, ступени)	Нормальные	ЛБ
Лестничные клетки жилых зданий	10	Пол	—	ЛН, ЛБ
Прочие лестничные клетки	50	—	—	—
Главные коридоры и проходы	75	—	—	ЛБ
Позагажные коридоры в жилых зданиях	20	—	—	ЛН, ЛБ
Прочие коридоры	50	—	—	ЛН, ЛБ

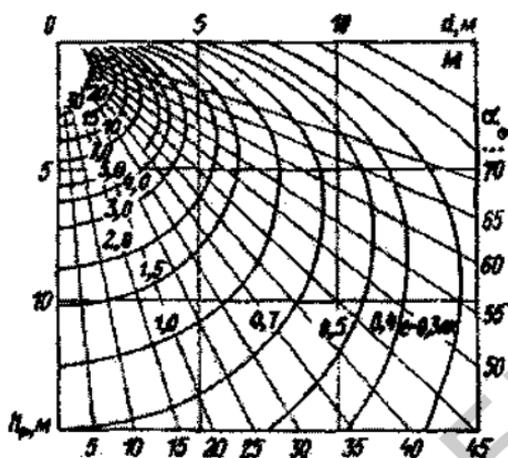


Рис. П1. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника с КСС типа М

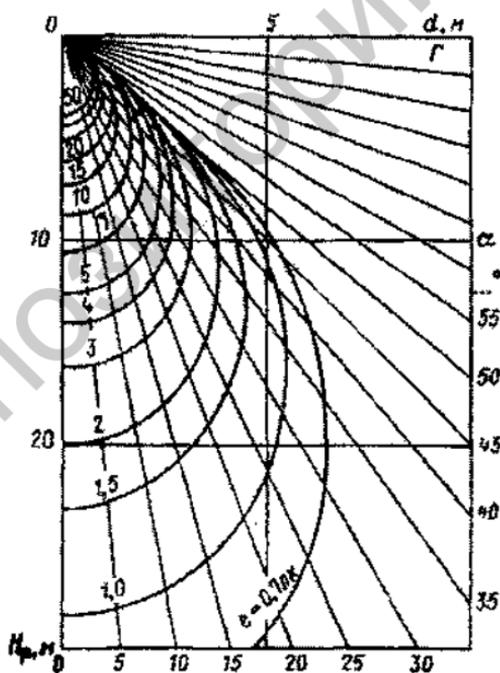


Рис. П2. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г

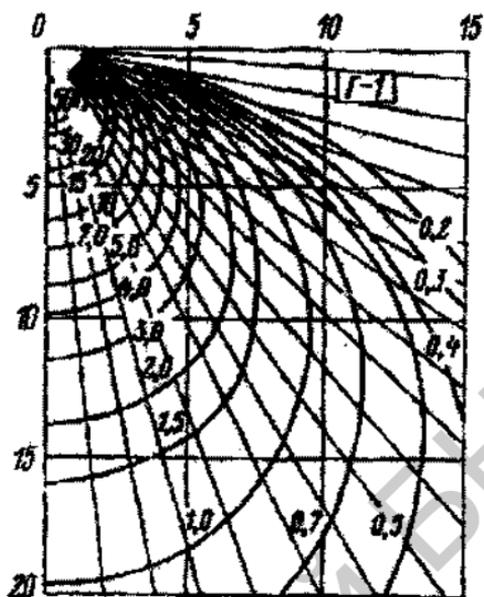


Рис. ПЗ. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-1

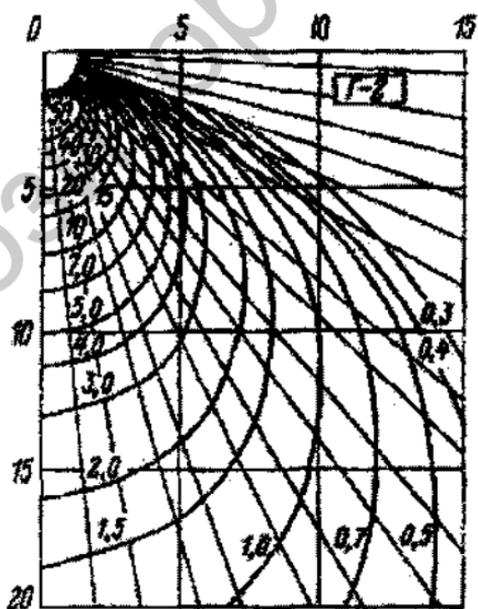


Рис. П4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-2

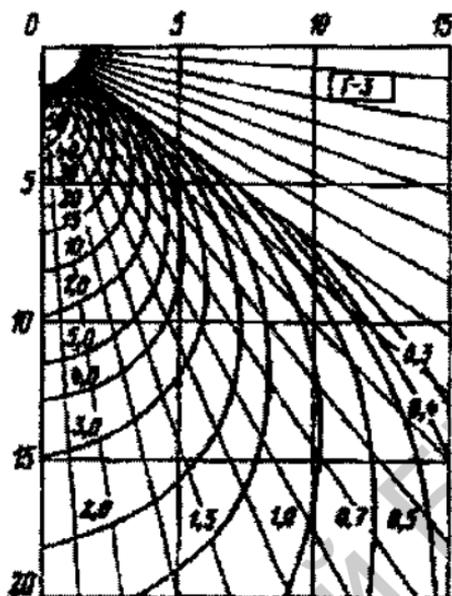


Рис. П5. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-3

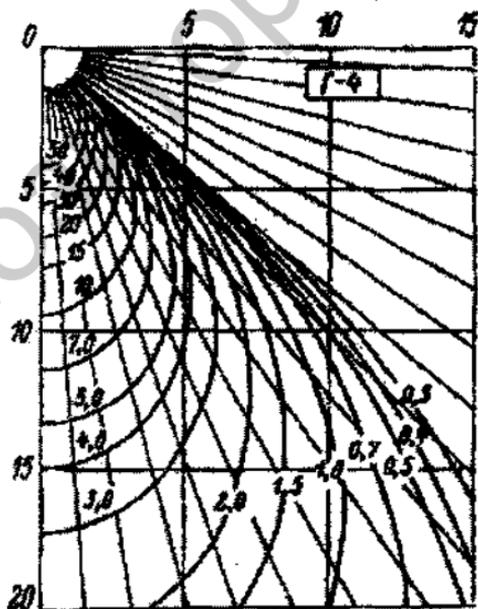


Рис. П6. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-4

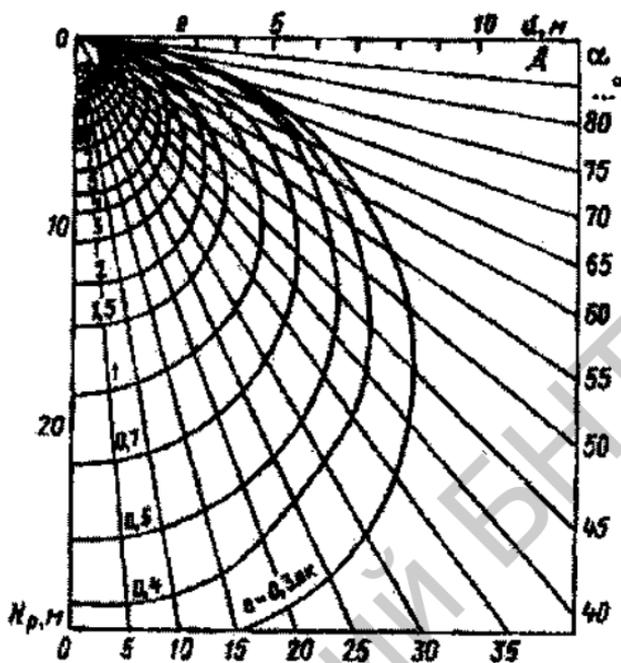


Рис. П7. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д

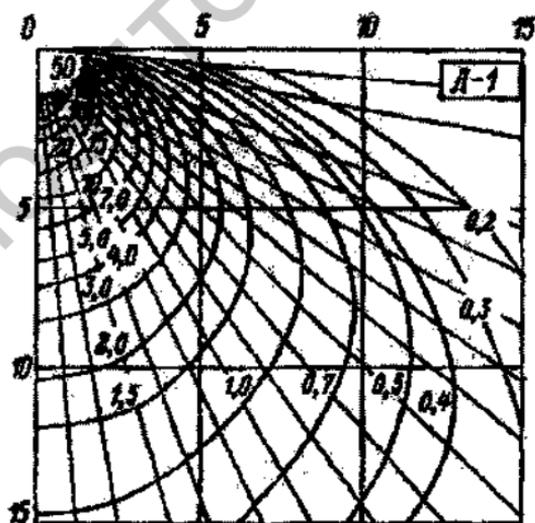


Рис. П8. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-1

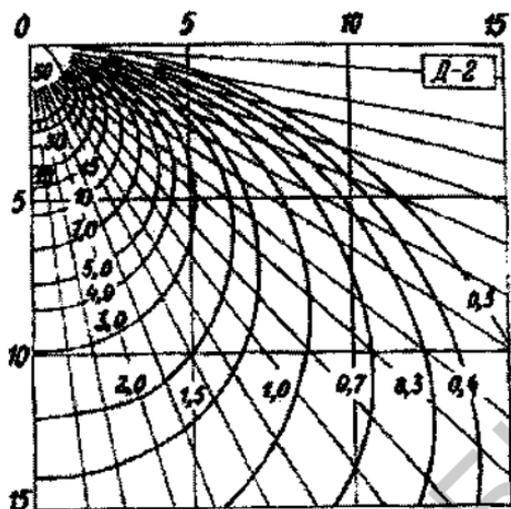


Рис. П19. Пространственные изолуки условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-2

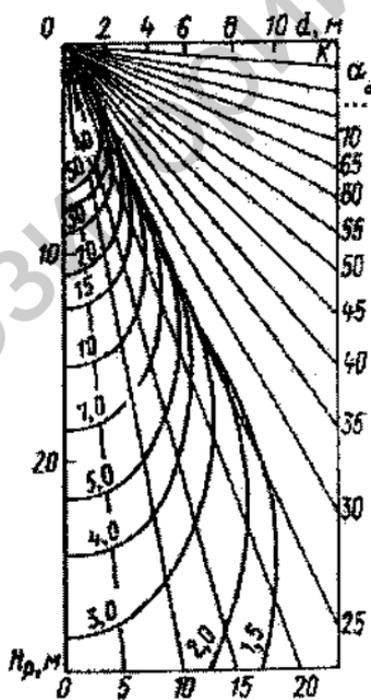


Рис. П10. Пространственные изолуки условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К

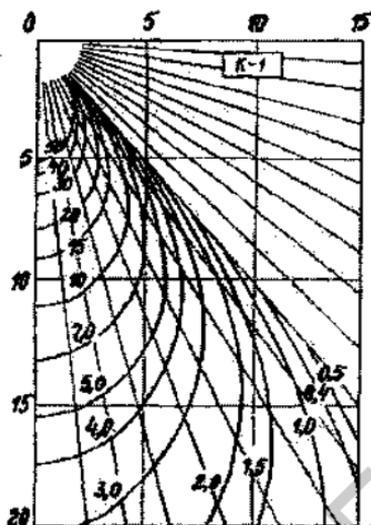


Рис. П11. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-1

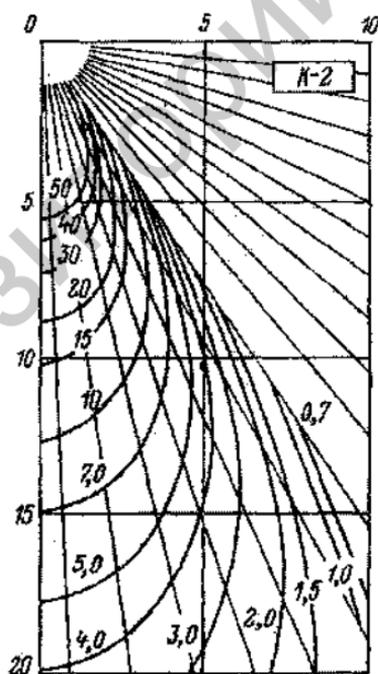


Рис. П12. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-2

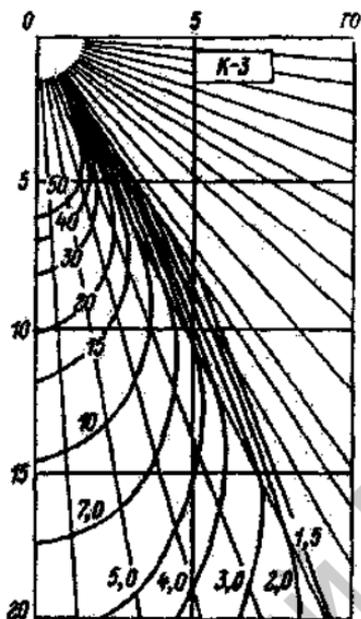


Рис. П13. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-3

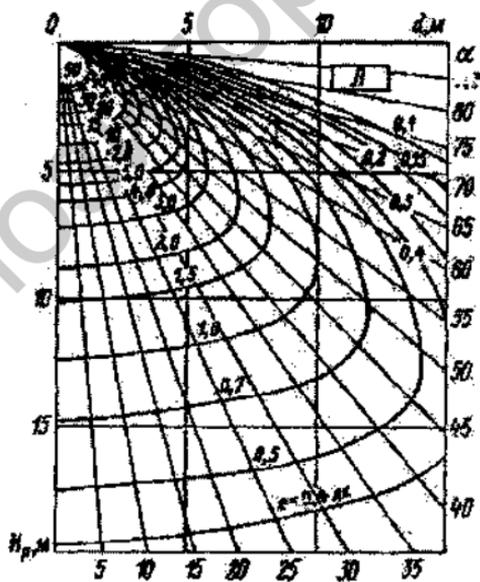


Рис. П14. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л

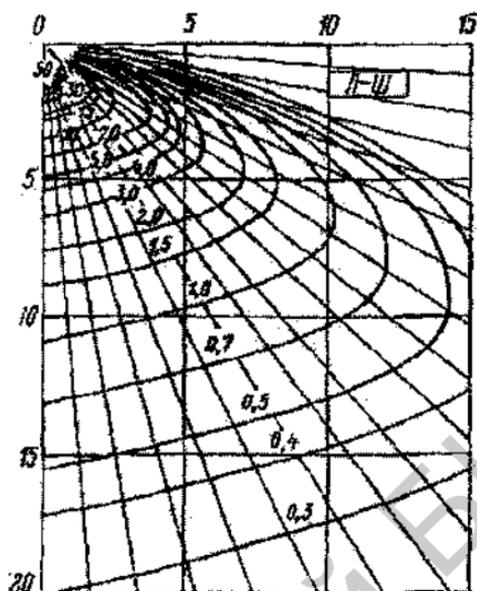


Рис. П15. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л-Ш

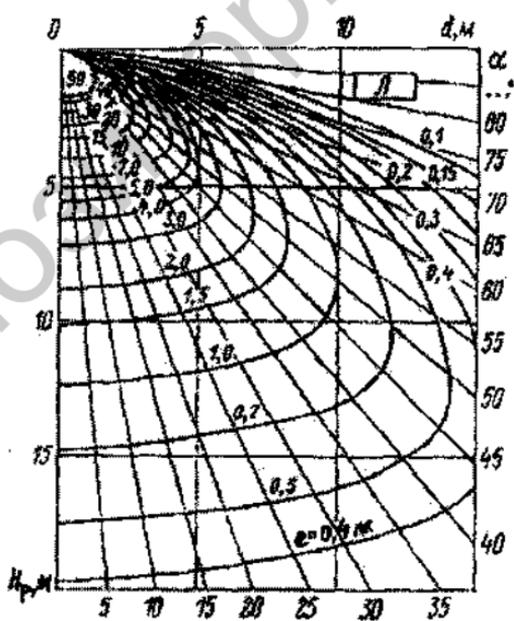


Рис. П16. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа С

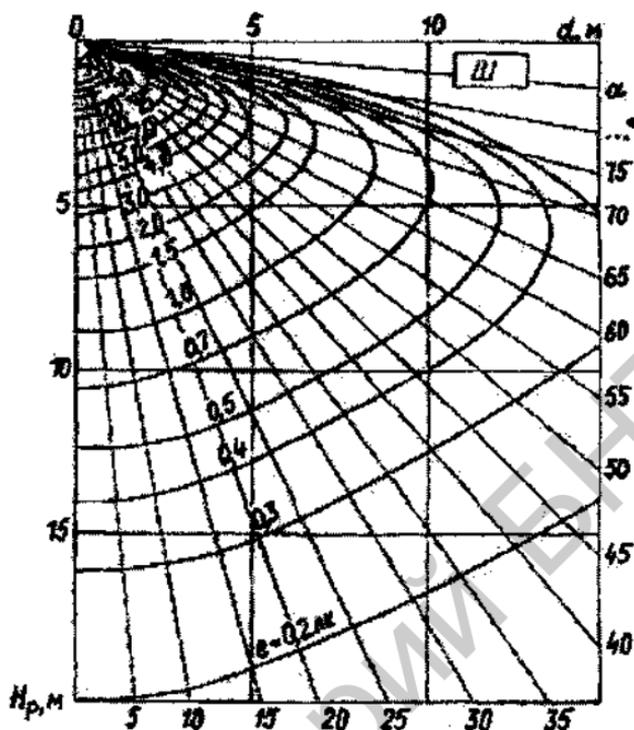


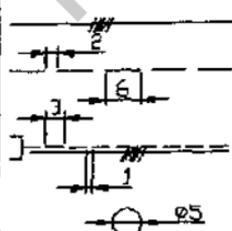
Рис. П17. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Ш

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Таблица П3

Условные обозначения элементов осветительной сети на планах и в схемах

#### Условные обозначения элементов осветительной сети на планах



- линия, состоящая из пяти проводников
- линия сети аварийного освещения
- линия из пяти проводников на тресе и его концевое крепление
- светильник с лампой накаливания

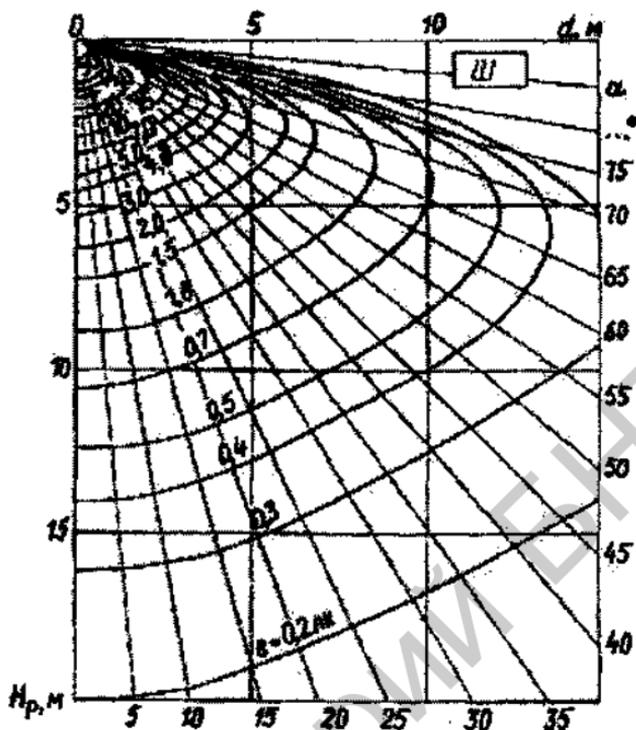


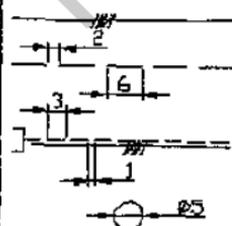
Рис. П17. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа III

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

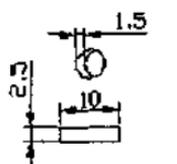
### Таблица ПЗ

Условные обозначения элементов осветительной сети  
на планах и в схемах

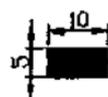
#### Условные обозначения элементов осветительной сети на планах



- линия, состоящая из пяти проводников
- линия сети аварийного освещения
- линия из пяти проводников на тресе и его концевое крепление
- светильник с лампой накаливания



– светильник с лампой типа ДРЛ, ДРИ



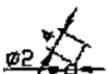
– светильник с люминесцентными лампами

– светильники с люминесцентными лампами, установленные в линию



– щиток рабочего освещения

– щиток аварийного освещения



– выключатель однополюсный



– выключатель однополюсный, двойной



– выключатель двухполюсный

300 лк

– нормируемая освещенность в люксах

A-B  $\frac{C \times D}{H}$

A – количество светильников;

B – тип светильников;

C – количество ламп в светильнике;

D – мощность лампы, Вт;

H – высота установки, м

Примечание. Размеры условных обозначений на планах приведены для масштаба 1:100.

Условные обозначения элементов осветительной сети в схемах



– щиток рабочего освещения



– щиток аварийного освещения

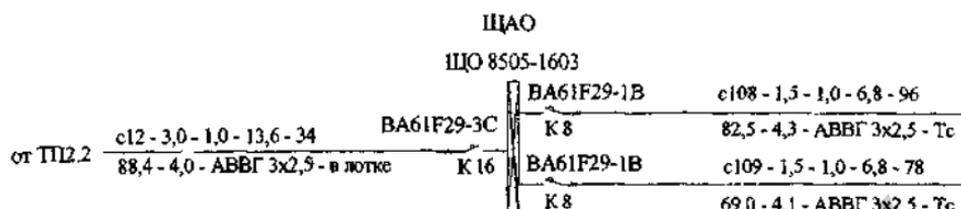


– автоматический воздушный выключатель

(A – тип выключателя, B – тип расцепителя

(K – комбинированный; Э – электромагнитный);

C – ток расцепителя)



На расчетной схеме указываются:

1. Тип осветительного щитка, типы автоматических выключателей, установленных в нем, типы распределителей (К – комбинированный; Э – электромагнитный) и токи распределителей, А.

2. Над осветительной линией указываются:

– маркировка линии – расчетная нагрузка, кВт – коэффициент мощности – расчетный ток, А – длина участка, м.

3. Под осветительной линией указываются:

– момент нагрузки, кВт·м – потеря напряжения, % – марка, сечения проводника – способ прокладки (Тс – трос; Т – металлическая труба; П – пластмассовая труба).

Рис. П18. Пример оформления надписей на расчетной схеме осветительной сети

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	4
1. Виды и системы освещения .....	7
2. Выбор источников света .....	11
3. Выбор и размещение светильников .....	17
3.1. Выбор светильников .....	17
3.2. Выбор места расположения светильников .....	27
4. Светотехнический расчет электрического освещения .....	30
4.1. Метод коэффициента использования светового потока ..	31
4.2. Расчет освещенности по удельной мощности .....	35
4.3. Точечный метод расчета освещенности .....	45
5. Пример светотехнического расчета производственного помещения .....	49
6. Выбор осветительных щитков и конструктивное исполнение осветительных электрических сетей .....	57
7. Расчет электрической осветительной сети .....	66
7.1. Определение электрических нагрузок осветительных установок .....	66
7.2. Выбор сечения проводников по нагреву .....	68
7.3. Выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения .....	76
7.4. Выбор сечений нулевых проводников .....	80
8. Защита осветительных сетей .....	82
9. Пример расчета электрической осветительной сети .....	86
10. Оформление чертежей графической части проектов осветительных установок .....	97
Литература .....	99
Приложения .....	100

Учебное издание

КОЗЛОВСКАЯ Влада Борисовна  
РАДКЕВИЧ Владимир Николаевич  
САЦУКЕВИЧ Валерий Николаевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ  
Учебно-методическое пособие

Редактор Л.Н. Шалаева  
Технический редактор О.В. Дубовик  
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

---

Подписано в печать 20.03.2008.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 7,73. Уч.-изд. л. 6,05. Тираж 100. Заказ 1193.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Червоная вуліца, 65.