

**Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**



Г.Д. ВАРСАНОВЬЕВА, А.М. ФОМИНА

ОСВЕЩЕННОСТЬ И ЕЕ КОНТРОЛЬ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ



с 1499083

Выпуск 351

Г. Д. ВАРСАНОФЬЕВА, А. М. ФОМИНА

ОСВЕЩЕННОСТЬ И ЕЕ КОНТРОЛЬ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1972



6П2.19

В 18

УДК 628.979:65.011.4

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большаков Я. М., Розанов С. П., Мандрыкин С. А.,
Каминский Е. А., Синьгулов Ф. И., Смирнов А. Д.,
Соколов Б. А., Устинов П. И.

с. 1499083.

Варсанофьева Г. Д., Фомина А. М.

В 18 Освещенность и ее контроль в осветительных
установках. М., «Энергия», 1972.

56 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 351).

В брошюре изложены основные сведения о влиянии освещенности на зрительную работоспособность человека и производительность труда, описаны методы контроля освещенности. Рассмотрены особенности устройства и работы человеческого глаза. Приводится описание принципа действия и устройства люксметров, служащих для контроля освещенности. Описаны основные типы люксметров, выпускаемых отечественной промышленностью, и правила пользования ими.

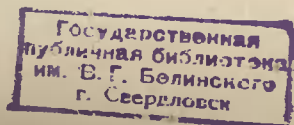
Рассмотрены причины снижения освещенности на рабочих местах и вопросы эксплуатации осветительных установок. Даны способы и методы обслуживания осветительных установок.

Брошюра полезна для электромонтеров, работающих по монтажу и эксплуатации осветительных установок.

3-3-11

112-71

6П2.19



1. ЗНАЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Работа человеческого глаза имеет исключительно большое значение в жизни человека. Более 90% всех сведений об окружающем мире человек получает за счет зрения. Поэтому обеспечение нормальной работы глаза является очень важной и ответственной задачей.

Цели обеспечения наилучших условий для работы служит рациональное освещение, которое дает возможность глазу спокойно и продуктивно работать. При рациональном освещении создаются комфортные условия труда, увеличивается его производительность, улучшается качество изделий, сокращаются количество брака и производственный травматизм.

Осветительная установка как на промышленном предприятии, так и в общественном, школьном, больничном и других зданиях должна обеспечивать хорошую видимость рабочих предметов и их деталей. Какие же основные факторы определяют видимость объектов, т.е. способность глаза отчетливо различать отдельные детали на рабочих поверхностях?

Хорошо известно, что способность различать тот или иной предмет зависит от того, на каком расстоянии от наблюдателя он расположен. Например, текст книги мы видим хорошо и отчетливо с расстояния 30—25 см. Удаляя книгу от глаз, мы на определенном расстоянии уже не сможем различить отдельных букв и прочесть текст. Одновременно с этим легко заметить, что, постепенно увеличивая уровень освещения книги, мы приобретаем способность различать буквы уже на значительном расстоянии и, наоборот, снижая уровень освещения, не можем отчетливо видеть буквы даже с близкого расстояния.

Попробуем теперь рассматривать два одинаковых текста, напечатанных на белой и серой бумаге. Постепенно удаляя от глаз эти тексты, мы обнаружим, что

сначала мы перестаем различать текст на серой бумаге, а затем уже на светлой. Теперь начнем увеличивать уровень освещения текста на серой бумаге и будем одновременно удалять его от глаз, с тем чтобы не нарушалась способность различать текст. При некотором уровне освещения мы можем добиться того, что текст на серой бумаге будет виден на том же удалении, что и текст на белой бумаге. Все это приводит нас к выводу о том, что основное требование, которому должна отвечать осветительная установка, — это прежде всего создание достаточного уровня освещения в помещении и в особенности на рассматриваемых предметах, если мы хотим хорошо и во всех подробностях их увидеть.

Освещенность

Рассмотрим, каким образом оценивается в технике уровень освещения, создаваемый источниками света как естественными (солнце, луна), так и искусственными (лампы накаливания, люминесцентные и пр.).

Вся лучистая энергия, излучаемая источником света в единицу времени и вызывающая световые ощущения глаза, называется световым потоком. Световой поток измеряется в люменах. Например, нормальная лампа накаливания мощностью 100 *вт* излучает световой поток около 1 300 *лм*. Понятно, что такая лампа может создавать разные уровни освещения в зависимости от различных условий ее применения.

Представим себе, что лампа излучает световой поток равномерно по всем направлениям и используется для освещения, например, книги. Совершенно ясно, что чем ближе книга расположена к лампе, тем бо́льшая часть светового потока лампы попадает на книгу и тем выше уровень ее освещения. Теперь заменим эту книгу книгой меньшего формата и поместим ее перед лампой в такое положение, чтобы на нее падал такой же световой поток, как и на первую книгу. Ясно, что в этих условиях уровень освещения книги меньшего формата будет выше. Следовательно, уровень освещения поверхности предмета зависит от величины падающего на него светового потока и размеров площади поверхности предмета. Уровень освещения принято оценивать величиной, которая называется освещенностью. Что же такое освещенность и в каких единицах она измеряется?

Освещенность — величина, измеряемая отношением

светового потока к площади поверхности, на которую он падает. Если обозначить освещенность через E , а световой поток и площадь соответственно через F и S , то получим:

$$E = \frac{F}{S}:$$

Освещенность позволяет количественно охарактеризовать световой поток, падающий на тот или иной предмет, поверхность или воображаемую плоскость. Освещенность измеряется в единицах, которые получили название люкс (сокращенное обозначение — *лк*). Один люкс — освещенность, создаваемая световым потоком в 1 лм на площади в 1 м².

Освещенности порядка сотен тысяч люкс создаются летом под прямыми лучами Солнца. Освещенность днем на открытом месте без Солнца может достигать нескольких тысяч люкс. Для чтения необходима освещенность порядка 300 лк, а для выполнения тонких работ 2 000—5 000 лк. Молодая луна или луна на ущербе создает освещенность, равную сотым долям люкса, а полная луна при ясном небе создает освещенность, равную одной—двум десятым долям люкса.

Уровень освещенности в помещении зависит, конечно, от системы освещения, типа светильников и их размещения, состояния осветительной установки. Основное назначение осветительной установки — создание требуемого для данного рода работы уровня освещенности на рабочих поверхностях, который задается нормами искусственного освещения, приведенными в гл. II-A9 «Строительных норм и правил» (СНиП).

Как известно, существуют две системы освещения: общее освещение и комбинированное. В первом случае рабочие места освещаются лишь светильниками общего освещения, установленными равномерно по всему помещению или локализованно по отношению к рабочим местам, во втором освещенность рабочего места создается одновременно светильниками общего освещения и светильником местного освещения, установленными непосредственно на рабочем месте.

Для различных по назначению общественных зданий в нормах регламентируется значение цилиндрической освещенности, которая характеризует насыщенность светом помещения. Цилиндрическая освещен-

ность — освещенность, создаваемая световым потоком, падающим на образующие цилиндра, расположенного в рассматриваемой точке. Цилиндрическая освещенность измеряется в люксах.

Влияние освещения на условия труда

Задача рационального освещения состоит прежде всего в создании на рабочих поверхностях уровня освещенности, требуемого нормами искусственного освещения (см. гл. II-A,9 СНиП). Кроме того, необходимо правильно выбрать и разместить светильники по освещаемому помещению и

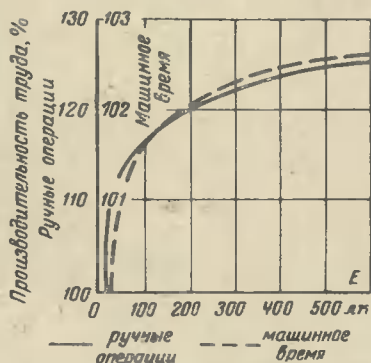


Рис. 1. Зависимость производительности труда от освещенности рабочей поверхности.

конкретно на рабочих местах. Они не должны слепить находящихся в помещении людей; при работе с блестящими деталями на их поверхностях не должно быть отражений источников света или светящихся частей светильников, которые мешают различению дефектов на деталях.

Рациональное освещение помогает различать детали, видеть которые необходимо по ходу производственного процесса.

Вопросу создания рационального освещения и определения связи его с работой зрения и производительностью труда посвящены многие исследовательские работы у нас и за рубежом. Все проведенные исследования показали, что с увеличением уровня освещенности растет производительность труда. Особенно возрастает производительность при переходе от небольших освещенностей, равных десяткам люкс, к освещенности 500—1000 лк. Степень дальнейшего влияния освещенности на производительность труда зависит от характера зрительных работ: чем точнее работа, тем эффективнее прирост освещенности. На рис. 1 приведены результаты исследования влияния освещенности рабочей поверхности (на месте резания) при чистовой обточке на токарном станке [Л. 1]. Из графика видно, что с ростом освещенности рабочей поверхности с 20

до 600 лк производительность труда при ручных операциях выросла на 25%, общая же производительность по всем работам на токарном станке возросла до 2,5%.

На производительность труда, помимо количественных показателей освещения (уровня освещенности рабочего места), влияет и качество освещения, т. е. спектр излучения источников света, направление светового потока на различаемые детали и пр.

Так, по данным [Л. 2] перевод освещения с ламп накаливания на люминесцентные лампы с соответственным повышением освещенности привел к увеличению производительности труда в среднем по ткацким фабрикам на 7%, по прядильным на 2—5%, по пошивочным цехам швейных фабрик на 10%. Устройство же встроенного в прядильные машины (тонкая шерсть) нитеосветителя дало прирост производительности труда прядильниц на 3—7% и снижение утомляемости зрения.

Влияние качественных и количественных характеристик освещения на производительность труда видно также из кривых, приведенных на рис. 2. В этом исследовании наблюдатели производили работу, заключающуюся в нанизывании на проволоку разноцветных деревянных шариков и кубиков при различных источниках света. Как видно из этого рисунка, при увеличении освещенности с 30 до 2 000 лк производительность труда возрастает при лампах накаливания на 12—13%, при люминесцентных лампах на 11%, а при ртутных лампах с исправленной цветностью на 8%. Исследования, проводившиеся на консервных фабриках при резке и сортировке плодов [Л. 3], показали, что повышение освещенности со 150 до 500 лк (в обоих случаях осветительная установка выполнена была светильниками с люминесцентными лампами) привело к повышению производительности труда на 4%.

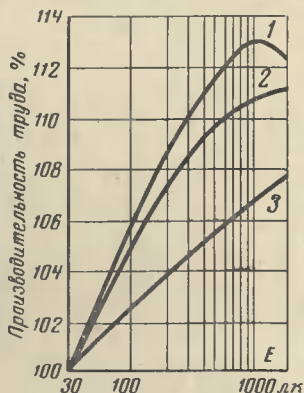


Рис. 2. Зависимость производительности труда от освещенности рабочей поверхности при освещении различными источниками света.

1 — лампы накаливания; 2 — люминесцентные лампы белого света; 3 — ртутные лампы с исправленной цветностью.

Интересны американские данные об эффективности повышения уровня освещенности: увеличение освещенности с 1 000 до 4 000 лк на монтаже миниатюрных деталей привело к снижению брака на 90%; повышение освещенности с 300 до 2 000 и с 500 до 1 600—2 500 лк на других точных работах привело соответственно к повышению производительности труда на 16 и 10%, снижению брака на 29 и 20% и снижению количества несчастных случаев на 52 и 50%.

Из приведенных выше примеров очевидно, что влияние освещенности на производительность труда делает проблему промышленного освещения серьезным фактором организации производства и его экономики. Освещение можно назвать рациональным в том случае, если оно является экономичным и приспособлено к органу зрения человека, т. е. его глазу. Например, освещение, рациональное для нормального человеческого глаза, будет нерациональным для глаза с пониженным зрением. Вот почему прежде чем рассматривать требования к осветительным установкам, необходимо познакомиться со строением человеческого глаза.

Особенности устройства и работы человеческого глаза

Человеческий глаз можно уподобить оптическому прибору. По своему устройству он имеет много сходства с фотографической камерой. Глазное яблоко представляет собою шаровидное тело, окруженное почти со всех сторон тройной оболочкой. На рис. 3 представлен разрез глазного яблока.

Наружная оболочка — склера защищает глаз от повреждений. Лишь в передней части склера прозрачна и образует несколько выступающую вперед роговую оболочку. За этой оболочкой лежит сосудистая оболочка, состоящая из большого количества кровеносных сосудов, питающих глаз. А за сосудистой оболочкой располагается оболочка, выстилающая изнутри дно глазного яблока и состоящая из мельчайших разветвлений глазного нерва.

Сосудистая оболочка переходит в передней части глаза в радужную оболочку, в центре которой имеется круглое отверстие — зрачок. Радужная оболочка, по-разному окрашенная у различных людей (карие, серые, голубые глаза), представляет собой кольцо, которое,

суживаясь и расширяясь, может увеличивать и уменьшать зрачок. У здорового человека зрачок сам собой уменьшается при сильном освещении и увеличивается в темноте. За зрачком расположен хрусталик. Хрусталик представляет собой прозрачное слоистое тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы. Внутренность глазного яблока за хрусталиком, заполненная прозрачным стекловидным веществом, называется большой камерой глаза, а промежуток между роговой и радужной оболочками, затолченный влагой, называется передней камерой глаза.

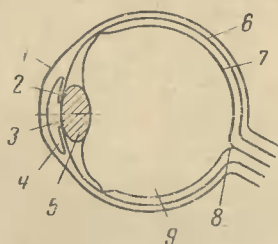


Рис. 3. Разрез глазного яблока человека.

1 — роговая оболочка; 2 — радужная оболочка; 3 — зрачок; 4 — передняя камера; 5 — хрусталик; 6 — сосудистая оболочка; 7 — сетчатая оболочка; 8 — слепое пятно; 9 — большая камера.

Изображение рассматриваемых предметов проецируется на сетчатую оболочку с помощью хрусталика. Изменение выпуклости хрусталика дает возможность получать на сетчатке отчетливое изображение предметов, находящихся на различных расстояниях от глаза. Эта способность глаза приспособляться к видению предметов на различных расстояниях называется аккомодацией. Когда глаз направлен на отдаленный предмет, хрусталик принимает более плоскую форму и сводит лучи как раз на сетчатке. Когда же глаз смотрит на близкий предмет, хрусталик делается более выпуклым и опять сводит лучи как раз на сетчатке. Предметы слишком близкие глаз видит неясно, так как хрусталик не может сделаться достаточно выпуклым.

Наименьшее расстояние, на котором глаз может отчетливо видеть, называют расстоянием наилучшего зрения. Для «нормального» глаза это расстояние равно 25 см, для близорукого — меньше, а для дальнорукного — больше.

Сетчатка имеет несколько слоев. В слое, обращенном к сосудистой оболочке, находятся окрашенные черным пигментом клетки. Затем следует слой, где расположены светочувствительные элементы, представляющие собой окончания разветвлений зрительного нерва, так называемые колбочки и палочки. Палочки служат для сумеречного зрения, а колбочки — для дневного зрения.

Способностью воспринимать цвет обладают только колбочки. Поэтому в сумерки все предметы кажутся серыми, неокрашенными. При увеличении яркости вступают в действие колбочки. При дальнейшем увеличении яркости палочки прекращают свою работу и действуют только колбочки. При очень высоких яркостях глаз принимает меры к предохранению от ослепления — клетки, окрашенные черным пигментом, передвигаются и выступают между наружными частями палочек и колбочек, поглощая значительную часть света.

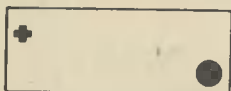


Рис. 4. Если глядеть на изображенный здесь крестик одним правым глазом на расстоянии около 15 см, то кружок перестает быть видимым, так как его изображение попадает на слепую точку сетчатки.

Место, где зрительный нерв, соединяющий глаз с мозговыми клетками, входит в глаз, называется слепым пятном. Здесь отсутствуют светочувствительные элементы. Глаз не видит того места, изображение которого попадает на слепое пятно (рис. 4).

Функции зрения. Контрастная чувствительность. Вернемся к нашему примеру с чтением двух одинаковых текстов, напечатанных на белой и серой бумаге. Всем известно, что легче читать текст на белой бумаге. Текст, напечатанный на серой бумаге, читается хуже.

Чтобы глаз мог на некотором фоне различить детали (например, буквы на листе бумаги), необходимо наличие разницы в цвете или яркости рассматриваемых деталей и фона, или наличие контраста между ними.

Контрастной чувствительностью глаза называется его способность ощущать наименьшие контрасты. Контрастная чувствительность глаза не является постоянной величиной, а меняется в сильной степени в зависимости от условий освещения и предварительной засветки глаза. При низких яркостях, соответствующих сумеречной освещенности, контрастная чувствительность низка и возрастает по мере роста освещенности, достигая устойчивого значения при дневных яркостях. При очень высоких яркостях контрастная чувствительность вследствие ослепления глаза снижается.

Острота зрения. Чтобы видеть форму предметов и их детали, необходимо достаточно точно различать очертания предметов, качество их поверхностей, выступы, впадины и т. д. Способность глаза различать отдельно

две близко расположенные одна от другой точки, черточки и другие мелкие детали называется остротой зрения. Мерой остроты зрения служит величина, обратная наименьшему угловому расстоянию между двумя рассматриваемыми точками. Угловым расстоянием между двумя точками называется угол, образованный двумя прямыми, проведенными из точки, где расположен наблюдатель, до рассматриваемых точек.

Чувствительность глаза к цвету. По своей природе свет подобен электромагнитным волнам, которые используются в радиотехнике. Для характеристики электромагнитного излучения применяют понятие длины волны λ . Это расстояние, на которое волновой процесс распространяется за один период времени. Длины волн, используемые в радиовещании, лежат в диапазоне от дециметров до сотен метров. Длины световых волн измеряются миллиардными долями метра.

Человеческий глаз воспринимает лишь электромагнитные излучения в интервале длин волн от 400 до 700 нм*, которые, попадая в глаз, вызывают ощущение света. Но реакция глаза на излучения разных длин волн, заключенных в этом интервале, неодинакова. Во-первых, эти излучения воспринимаются глазом как разноцветные в зависимости от длины волны: излучения с длиной волны, например, 400 нм вызывают ощущение фиолетового цвета, 500 нм — зеленого цвета, 700 нм — красного цвета. Во-вторых, чувствительность глаза к излучениям разных цветов неодинакова. Глаз наиболее чувствителен к желто-зеленому излучению, длина волны которого равна 555 нм, так как для получения ощущения этого цвета нужна наименьшая мощность излучения. Так, например, 1 вт синего излучения с длиной волны 460 нм производит такое же световое ощущение, как 0,06 вт желто-зеленого излучения с длиной волны 555 нм, а 1 вт красного излучения с длиной волны 650 нм производит световое ощущение, равное ощущению, создаваемому 0,107 вт желто-зеленого излучения с длиной волны 555 нм.

Величины 0,06 и 0,107 вт носят название относительной видности излучений для данных длин волн. Если условно принять видность желто-зеленого излучения с длиной волны 555 нм за единицу, то видность всех остальных излучений при одинаковой мощности будет

* 1 нм = $1 \cdot 10^{-9}$ м.

меньше единицы. Откладывая по оси абсцисс длины волн видимого спектра излучения в нанометрах, а по оси ординат — значения относительной видности в долях единицы, мы получим кривую чувствительности глаза, или, как ее называют, относительной видности. На рис. 5 показана эта кривая. Кривая относительной видности характеризует чувствительность глаза при дневном освещении, когда работают колбочки. При сумеречном и ночном освещении, когда работают палочки, кривая чувствительности глаза смещается в область коротких длин волн и чувствительность глаза к синим излучениям повышается, а к красным излучениям падает. Вот почему днем мак кажется ярче, чем василек, а в поздние сумерки мак кажется черным.

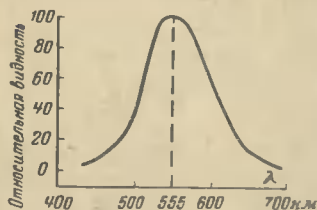


Рис. 5. Кривая относительной видности.

Если взять две поверхности — одну красную, а другую синюю, кажущиеся одинаково яркими при сильном освещении, то при слабом освещении красная поверхность будет казаться глазу несравненно темнее, чем синяя. Это изменение чувствительности глаза к лучам различных участков спектра при переходе от больших яркостей к малым получило название эффекта Пуркинье, по фамилии впервые изучившего это явление чешского ученого.

Утомление глаза и расстройство зрения. При утомлении глаза ослабляется работоспособность глаза и понижается его чувствительность. Утомление глаза может проявиться в усталости светоощущающего аппарата глаза, т. е. колбочек и палочек. Усталость глаза проявляется также в ослаблении мышечного аппарата глаза. К мышечному аппарату глаза относятся мускулы, управляющие движением глаза, выпуклостью хрусталика, диаметром зрачка и т. д. Если при утомлении светоощущающего аппарата чувствительность глаза вначале очень быстро снижается и вскоре устанавливается на некотором определенном уровне, то мышечное утомление глаза нарастает в течение всего рабочего промежутка времени. При утомлении глаза снижаются контрастная чувствительность, острота различения и скорость зрительного восприятия.

Основной причиной, вызывающей утомление зрения при искусственном освещении, является недостаточная или неравномерная освещенность рабочей поверхности. При низкой освещенности работающий вынужден приближать предмет к глазу, чтобы рассмотреть его лучше. Рассматривание предметов вблизи связано с усиленной работой глазных мышц, при этом глазные мышцы оказывают давление на глазное яблоко. В результате глазное яблоко деформируется, принимает вытянутую форму, что служит одной из причин развития близорукости. Неравномерная освещенность рабочей поверхности ведет к тому, что перевод взгляда сопровождается изменением диаметра зрачка. Зрачок то расширяется, то сужается, вследствие чего глаз утомляется. Воздействие на глаз очень ярких предметов, например нитей ламп накаливания, может вызвать неприятные и даже болезненные ощущения.

2. АППАРАТУРА И МЕТОДИКА КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Хотя для оценки осветительной установки часто бывает недостаточно знания одной освещенности и необходимо рассматривать еще и качественные показатели установки, тем не менее освещенность поверхности как нормируемая и наиболее просто рассчитываемая и измеряемая величина обычно используется для количественной оценки условий освещения и характеристики осветительной установки.

При приемке в эксплуатацию вводимой и оценке состояния действующих осветительных установок или проверке проекта электрического освещения необходимо определить соответствие освещенности рабочих мест требованиям СНиП к искусственному освещению. Решение этого вопроса заключается в измерении фактической освещенности рабочих мест и сопоставлении ее с нормами для данного вида работ. Минимальные освещенности для различных производственных процессов данной отрасли обычно указываются в отраслевых нормах искусственного освещения.

Для измерения освещенности на рабочей поверхности используют специальные приборы, показывающие измеряемую освещенность непосредственно в люксах и называемые люксметрами. Самое широкое распростра-

нение для измерения освещенности получили переносные люксметры, состоящие из селенового фотоэлемента с чувствительным электроизмерительным прибором.

Сведения о селеновых фотоэлементах

Селеновый фотоэлемент является полупроводниковым фотоэлементом с запирающим слоем. Действие таких фотоэлементов основано на явлении фотоэлектрического эффекта, заключающегося в том, что под действием света в фотоэлементах возникает электрический ток, который может быть измерен. В основу использования фотоэлементов для измерения световых величин положен тот факт, что сила электрического тока, проходящего по фотоэлементу, прямо пропорциональна его освещенности.

Селеновый фотоэлемент устроен следующим образом (рис. 6). На железной пластине 1 находится тонкий слой

селена 2, который имеет темновато-серый цвет. На слой селена напылен прозрачный слой 3 золота или платины. На внешнем крае слоя 3 помещается токособирающее алюминиевое кольцо 4, поверх которого нанесен слой защитного прозрачного лака. Селеновый фотоэлемент вставляется в оправку, на которой находятся контакты для

проводов к электроизмерительному прибору 6. Между селеном 2 и прозрачным электродом 3 образуется запирающий слой 5, не пропускающий электроны в направлении от прозрачного электрода 3 через селен к пластине 1. Обратному движению электронов запирающий слой селена не препятствует. Если селеновый фотоэлемент освещается со стороны прозрачного электрода, то свет достигает селена. Под действием света освобождаются электроны, которые могут двигаться лишь от селена к прозрачному электроду. Если замкнуть внешнюю цепь с включенным электроизмерительным прибором (микроамперметром), то по этой цепи освобожденные светом электроны начнут двигаться по направлению к железной пластине 1.

Фотоэлементы могут иметь площадь приемной поверхности от 1 до 50 см². В практике наиболее распро-

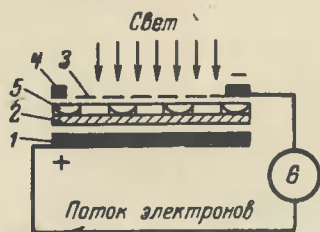


Рис. 6. Устройство селенового фотоэлемента.

странены фотоэлементы площадью 3, 10 и 25 см². Обычно они делаются круглыми, но возможны и другие очертания.

Спектральная чувствительность селеновых фотоэлементов. Для того чтобы фотоэлемент реагировал на изменения падающего на него светового потока так же, как глаз, необходимо, чтобы кривая чувствительности фотоэлемента была сходна с кривой чувствительности глаза. Подобных фотоэлементов до сих пор изготовить не удалось, и поэтому к фотоэлементам приходится подбирать светофильтры, приводящие кривую спектральной чувствительности фотоэлементов к кривой чувствительности глаза.

Селеновые фотоэлементы обладают кривой спектральной чувствительности, которая в наибольшей степени по сравнению с фотоэлементами других типов приближается к кривой чувствительности глаза (рис. 7), охватывая ее. Благодаря этому с помощью специальных цветных светофильтров удастся хорошо исправить спектральную чувствительность селеновых фотоэлементов под глаз. Однако применение этих светофильтров снижает чувствительность фотоэлементов. Поэтому в тех случаях, когда речь идет об измерениях освещенности, создаваемой источниками света, мало различающимися по составу спектра (например, освещенности от ламп накаливания), возможно применение селеновых фотоэлементов без исправляющих светофильтров.

При градуировке селеновых фотоэлементов на освещенность в качестве образцовых источников света применяются специальные, так называемые светоизмерительные лампы накаливания. Поэтому измерение освещенности, создаваемой люминесцентными лампами, лампами ДРЛ (дуговые ртутные лампы), естественным светом, необходимо производить с помощью селеновых фотоэлементов, снабженных исправляющими светофильтрами. При пользовании фотоэлементами без этих светофильтров надо вводить соответствующие поправки к результатам измерений. Значения поправок, например,

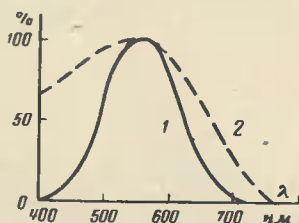


Рис. 7. Кривая спектральной чувствительности селенового фотоэлемента (2) и кривая относительной видимости (1).

Таблица 1

Измеряемая освещенность от источника света	Значение поправки, на которую надо умножить показание люксметра типа	
	Ю16	Ю17
Люминесцентная лампа типа ЛД . . .	0,88	0,88
Люминесцентная лампа типа ЛБ . . .	1,15	1,15
Люминесцентная лампа типа ЛДЦ . . .	0,95	0,95
Ртутно-дуговая лампа типа ДРЛ . . .	1,2	1,2
Естественный свет	0,8	0,95
Лампа накаливания	1	1

к люксметрам типов Ю16 и Ю17, описание которых будет приведено ниже, даны в табл. 1.

Общая чувствительность селеновых фотоэлементов. Наиболее часто применяемые фотоэлементы, изготовленные в СССР, имеют чувствительность порядка 400—500 *мкА/лм*; это означает, что в фотоэлементах возникает ток 400—500 *мкА*, если на них падает световой поток 1 *лм*.

Если внешнее сопротивление в цепи фотоэлемента мало, сила тока во внешней цепи фотоэлемента прямо пропорциональна его освещенности. Отступления от прямой пропорциональности наблюдаются при малых освещенностях (1 *лк* и меньше) и больших освещенностях (у фотоэлементов различного изготовления эта освещенность может составить от 100 до 1 000 *лк*). Если зависимость между освещенностью фотоэлемента и его фототоком изобразить графически в прямоугольной системе координат, например откладывая по вертикальной оси значения фототока, а по горизонтальной оси — соответствующие значения освещенности, то мы получим световую характеристику фотоэлемента. На рис. 8 представлена световая характеристика селенового фотоэлемента при различных значениях сопротивления внешней цепи. Видно, что с ростом внешнего сопротивления нарушается линейность световой характеристики. Отступления от линейности тем больше, чем больше сопротивление внешней цепи.

Для расширения диапазона измеряемых освещенностей применяются особого рода поглотители, позволяющие уменьшить освещенность чувствительной поверхности фотоэлемента. Обычно эти поглотители изготавливаются из молочного стекла. При подсчете измеряемой освещенности

щенности необходимо умножать результат измерения на K (коэффициент ослабления поглотителя):

$$K = \frac{1}{\tau},$$

где τ — коэффициент пропускания поглотителя; коэффициент пропускания поглотителя есть величина, измеряемая отношением светового потока, вышедшего из поглотителя, к световому потоку, упавшему на поглотитель.

Измерение наклонных пучков света. Если поверхность селенового фотоэлемента открыта, т. е. не затеняется оправой и поглотители отсутствуют, то при наклонном падении света на фотоэлемент возникают погрешности, связанные с несоблюдением косинусного закона. Это означает, что при наклонном падении света значение фототока уменьшается не пропорционально косинусу угла падения света, а сильнее. Эти погрешности незначительны при углах падения света от 0 до 45°. При дальнейшем увеличении угла падения света на фотоэлемент эти погрешности могут быть значительными. Поэтому освещенность, создаваемая боковыми и наклонными лучами света, при измерениях селеновыми фотоэлементами занижается.

Старение фотоэлементов. Первое время после изготовления (примерно до 3 мес.) чувствительность фотоэлементов падает на 20—30%. Этот процесс называется старением фотоэлементов. В дальнейшем чувствительность фотоэлементов падает, но гораздо медленнее. Поэтому фотоэлементы должны градуироваться по образцовым фотоизмерительным лампам через 2—3, но не более чем через 12 мес.

Электроизмерительные приборы. Для измерения фототока селеновых фотоэлементов применяются чувствительные амперметры магнитоэлектрической системы с низким внутренним сопротивлением. Удобно пользоваться для целей измерения освещенностей в широком диапазо-

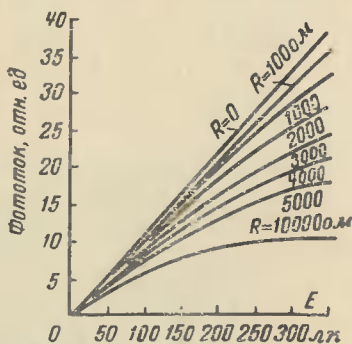


Рис. 8. Световая характеристика селенового фотоэлемента при разных внешних сопротивлениях.

д. 1499083

не многопредельными микроамперметрами, например микроамперметром типа М-95 на 0,1 мка.

Серийно выпускаемые промышленностью люкметры

Люкметр типа Ю16. Отечественная промышленность выпускает люкметры нескольких типов. Наиболее массовым люкметром является люкметр, изготавливаемый на заводе «Вибратор» (рис. 9). Он предназначен для измерения освещенности, создаваемой искусственными источниками света и естественным дневным светом, рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха 10—35° С и относительной влажности до 80%. Люкметр

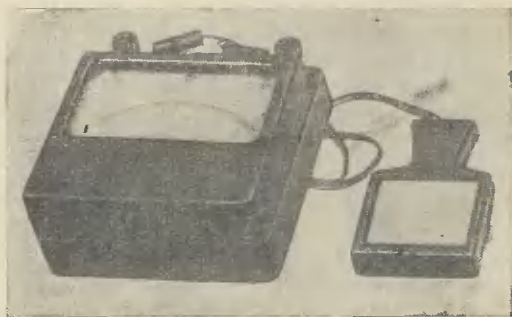


Рис. 9. Люкметр типа Ю16.

состоит из светоприемника с поглотителем и измерителя тока. Светоприемником является селеновый фотоэлемент типа Ф102, заключенный в пластмассовую оправку, снабженную ручкой. Селеновый фотоэлемент имеет прямоугольную форму размером 50×60 мм² и рабочую площадь 25 см². На корпус фотоэлемента надевается поглотитель, который позволяет расширить основные пределы измерений в 100 раз. Поглотитель состоит из металлической рамки, в которую вставлены молочное нейтральное стекло и металлическая решетка. Коэффициент пропускания поглотителя составляет $0,01 \pm 0,0005$.

С помощью гибкого двухжильного провода фотоэлемент подключается к стрелочному электроизмерительному прибору. Прибор заключен в прямоугольный пластмассовый корпус, снабженный зеркальной шкалой. На корпусе прибора расположены зажимы для подключе-

ния фотоэлемента и переключатель пределов. Фотоэлементы не являются взаимозаменяемыми, так как они подбираются и градуируются с определенным измерителем. Для хранения и переноски люксметра служит футляр, в гнезда которого укладываются все составные части.

Основные технические показатели люксметра Ю16

1. Пределы измерений, лк:	
основные	25—100—500
дополнительные (с поглотителем)	2 500—10 000—50 000
2. Основная погрешность, %:	
на основных пределах	Не более ± 10
на дополнительных пределах	Не более ± 15
3. Класс точности измерителя	1
4. Длина шкалы измерителя, мм	90
5. Количество делений шкалы	50
6. Размеры, мм:	
измерителя	120×130×62
футляра	200×195×80
7. Вес, кг:	
люксметра без футляра	0,8
с футляром	1,5

Люксметр типа Ю15. Завод «Вибратор» выпускает также малогабаритный люксметр типа Ю15 инспекторского типа (рис. 10). Он представляет собой стрелочный измеритель фототока со встроенным селеновым фотоэлементом. Предназначается для измерения создаваемой искусственными источниками света и естественным све-



Рис. 10. Люксметр типа Ю15.

том освещенности. Он рассчитан на работу при окружающей температуре 0—35°С и относительной влажности до 80%.

Основные технические данные люксметра Ю15

1. Пределы измерений, лк	100 и 500
2. Длина шкалы измерителя, мм	50
3. Основная погрешность, %	Не более 2,5
4. Размеры, мм	70×103×26
5. Вес без футляра, кг	0,2
6. Вес с футляром, кг	0,25

Люксметр типа Ю17. Люксметр типа Ю17 (рис. 11), выпускаемый заводом «Вибратор», предназначен для измерения малых освещенностей, а также освещенностей, создаваемых искусственными источниками света и



Рис. 11. Люксметр типа Ю17.

естественным светом. Он рассчитан на работу при температурах окружающего воздуха от —10 до +35°С и относительной влажности до 80%.

Люксметр состоит из измерителя тока типа Ф17 и фотоэлемента типа Ф107. Измеритель тока представляет собой магнитоэлектрический прибор со световым указателем. Корпус прибора выполнен из листовой стали в виде чемодана со съемной крышкой, покрыт прочной эмалью и снабжен ручками для переноски. Он обеспечивает механическую прочность и брызгозащищенность прибора. На лицевой стороне платы прибора расположена колодка для подключения фотоэлемента, переключача

тель пределов и кнопка для включения питания осветителя светового указателя шкалы. Питание указателя шкалы осуществляется от четырех батарей типа «Сатурн», которые размещены в специальном отделении под платой прибора. Выносной фотоэлемент люксметра диаметром 58 мм покрыт насадкой из органического стекла, которая исправляет косинусную характеристику фотоэлемента. Использование косинусной насадки приводит к тому, что правильно измеряется освещенность, создаваемая наклонным светом. Фотоэлемент помещен в оправу с ручкой, на нижней стороне которой имеется отверстие с резьбой для закрепления фотоэлемента на стандартном штативе.

Основные технические данные люксметра Ю17

1. Пределы измерений, лк	1—10—100
2. Основная погрешность измерений на всех пределах измерений, %	Не более ± 10
3. Длина шкалы измерителя, мм	100
4. Количество делений шкалы	100
5. Изменение показаний люксметра при отклонении угла падения светового пучка от 0°, %:	
на 60°	Не более 7 измеряемой величины
на 80°	Не более 10 измеряемой величины
6. Размеры, мм	271×220×110
7. Вес, кг:	
люксметра	3,5
фотоэлемента со шнуром	0,2

Люксметр типа ЛМ-3. Люксметр типа ЛМ-3, выпускаемый заводом «Москинап», предназначен для измерения освещенности киноэкранов, зрительных залов, фойе кинотеатров и т. п. и рассчитан на работу в закрытых помещениях при температуре 10—35° С и относительной влажности до 80%. Он состоит (рис. 12) из фотоэлемента в специальной оправе с ручкой, измерительного прибора, проградуированного в люксах, катушки с гибким проводом длиной 5 м, соединяющим фотоэлемент с прибором, футляра, разборной штанги и чехла для укладки и переноски штанги. Селеновый фотоэлемент снабжен защитным стеклом и имеет круглую форму.

Основные технические данные люксметра ЛМ-3

1. Пределы измерений, лк:

положения переключателя	$\times 1$	0—250
"	$\times 2$	0—500

Люксметр лабораторный типа ЛЛ. Экспериментальные мастерские Ленинградского института охраны труда выпускают переносной многопредельный люксметр типа ЛЛ (рис. 13). Он предназначен для измерения освещенности, создаваемой искусственными источниками света и естественным дневным светом, и рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха 10—40° С.

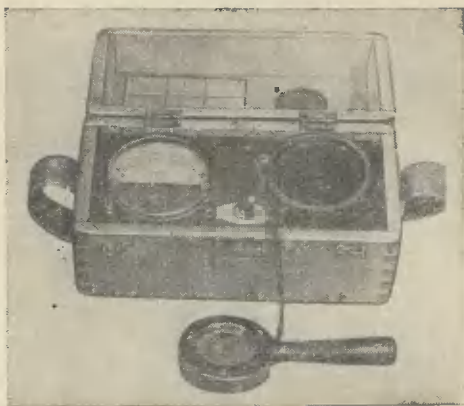


Рис. 12. Люксметр типа ЛМ-3.

Селеновый фотоэлемент люксметра площадью 28 см² снабжен исправляющим светофильтром, который приводит спектральную чувствительность фотоэлемента к кривой видности. Для расширения пределов измерений на фотоэлемент надевается поглотитель в оправе. Люксметр комплектуется контрольным прибором для проверки градуировки. Контрольный прибор представляет собой устройство, состоящее из лампы накаливания с вольтметром магнитоэлектрической системы на 3,5 в и молочным стеклом на выходе.

Основные технические данные люксметра ЛЛ

1. Пределы измерений, лк:

основные	10, 100 и 1 000
дополнительные (с поглотителем)	10 ³ , 10 ⁴ и 10 ⁵

2. Погрешность люксметра, %:

на основных пределах	Не более ± 10
на дополнительных пределах	Не более ± 15

Рекомендации по выбору люксметров. Наиболее широкое распространение для контроля освещенности в общественных, жилых, производственных, школьных и больничных зданиях получили люксметры типа Ю16.

Для измерения освещенности, создаваемой уличными установками, целесообразнее применять люксметр типа Ю17, которым можно пользоваться при сравнительно низких температурах (до -10°C). Насадка, закрепленная на фотоэлементе, обеспечивает возможность учета косых пучков света.



Рис. 13. Люксметр типа ЛЛ.

Малогабаритный (по существу карманный) люксметр типа Ю15 удобен для инспекторских целей.

Люксметр типа ЛЛ предназначен для работы в лабораторных условиях. Селеновый фотоэлемент этого люксметра снабжен светофильтром, приводящим его спектральную чувствительность к спектральной чувствительности человеческого глаза. Наличие контрольного осветителя позволяет регулярно контролировать чувствительность люксметра и вносить поправки в результат измерения по мере изменения его чувствительности.

Проверка люксметров. Государственная проверка люксметров осуществляется организациями Государственного Комитета стандартов СМ СССР, например во Всесоюзном научно-исследовательском институте комитета (ВНИИК) и Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева (ВНИИМ). Градуировка люксметров производится в ряде специализированных организаций, в частности, она может производиться во Всесоюзном научно-исследовательском светотехническом институте (ВНИСИ).

При наличии в организации нескольких люксметров целесообразно выбрать один в качестве люксметра сравнения. Работу остальных рабочих люксметров можно контролировать путем сличения их показаний с показанием люксметра сравнения, предварительно градуированного. Такой люксметр хорошего качества хранится в лаборатории и градуируется раз в 3—4 мес. Рабочие же люксметры, с которыми ведется систематическая работа по контролю освещенности, создаваемой различными осветительными установками, сверяются с люксметром сравнения перед каждой серией измерений, но не реже чем 1 раз в 6 мес.

Один раз в год, а также после каждого ремонта люксметры должны предъявляться на государственную поверку.

Правила ухода за люксметрами. Основное правило в обращении с люксметрами — это систематическая (не реже 1 раза в год) проверка их градуировки. Если при градуировке установлено, что показания люксметра изменились более чем на 15—20% по сравнению с результатами предыдущей градуировки, необходимо контролировать чувствительность такого люксметра не реже, чем 1 раз в 3—6 мес.

При работе с люксметрами необходимо предохранять поверхность фотоэлемента от загрязнений и влаги; нельзя допускать прикосновения различных предметов к активной поверхности селенового фотоэлемента (особенно рук). Пыль с поверхности фотоэлемента лучше сдувать грушей. При переносе люксметра из холодного помещения в теплое следует подождать, пока прибор прогреется. Рабочую поверхность поглотителей люксметров также нужно предохранять от загрязнений. Очистку стекла поглотителя можно производить с помощью ватного тампона, слегка смоченного в спирте. Не рекомендуется при чистке поглотителя разбирать его.

Методика контрольных измерений освещенности

Измерение уровня освещенности может преследовать две цели. В одном случае осветительная установка проверяется на соответствие светотехническому проекту, т. е. в процессе измерений устанавливают, сохранился ли уровень освещенности, предусмотренный проектом, и не устарела ли осветительная установка. Для этого перед измерениями осветительная установка приводится в по-

рядок: чистятся светильники, заменяются все негорящие лампы, в светильники вставляются лампы требуемой мощности.

В другом случае освещенность может измеряться с целью контроля состояния освещения на предприятии в данный момент. Измерения производятся без соответствующей подготовки осветительной установки.

Уровень освещенности в промышленных зданиях измеряется непосредственно на рабочих местах в рабочей зоне (в зоне резания и обработки деталей, на столах сборки, на шкалах приборов и пр.); в административно-канторских помещениях освещенность измеряется на рабочих местах, которыми являются рабочие столы, счетные и пишущие машины и т. д. В зависимости от характера производства и конструкции оборудования рабочая зона может находиться в горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости. В помещениях, где работа может происходить в любой точке помещения или где вообще нет рабочих мест (фойе, зрительные залы и т. п.), освещенность измеряется в горизонтальной плоскости на уровне 0,8 м от пола.

В помещениях общественных зданий необходимо также проводить контроль уровня цилиндрической освещенности. Цилиндрическая освещенность может быть с достаточной точностью определена как средняя арифметическая из четырех значений вертикальной освещенности, измеренных люксметром в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через рассматриваемую точку на уровне 0,8 м от пола.

В соответствии с размещением рабочей зоны приемная пластина фотоэлемента должна располагаться горизонтально, вертикально или наклонно в том месте, на котором необходимо измерить освещенность.

При наличии одного общего освещения освещенность измеряется от светильников общего освещения. При комбинированном освещении рабочих мест освещенность измеряется сначала от светильников общего освещения, затем включаются светильники местного освещения и измеряется суммарная освещенность от светильников местного освещения и светильников общего освещения.

В небольших помещениях освещенность следует измерять на отдельных рабочих местах, расположенных в различных зонах помещения: в центре, у стены, в углу,

под горящими светильниками и под светильниками с негорящими лампами, если таковые имеются. Количество контрольных точек должно быть не менее 10. В современных больших многопролетных зданиях освещенность от общего освещения измеряется по строительному модулю помещения.

На рис. 14 приведено возможное расположение контрольных точек по строительному модулю помещения при освещении пролетов светильниками с лампами накаливания.



Рис. 14. Возможное расположение контрольных точек при измерении освещенности.

+ — колонны; X — светильники с лампами накаливания; ● — контрольные точки.

Контрольные точки должны располагаться под светильниками и между ними; измерения ведутся в различных модулях, размещенных в центре, на краю, в центральном пролете, в крайнем пролете помещения.

Так как селеновый фотоэлемент не является вполне устойчивым измерительным прибором и его показания подвержены колебаниям из-за утомления, температуры

и т. д., то для увеличения точности необходимо производить измерения одной и той же освещенности по несколько раз и усреднять полученные результаты. При измерении освещенности необходимо следить за тем, чтобы на приемную пластинку фотоэлемента не попадали случайные тени от человека или оборудования. Если рабочее место затеняется выступающими частями оборудования, то освещенность следует измерять в этих реальных условиях.

Положение гальванометра при измерениях должно быть горизонтальным. При измерении нельзя класть гальванометр на металлические поверхности. Учитывая влияние напряжения сети на световой поток источников света, при измерениях освещенности каждый раз следует производить контроль напряжения сети.

Контроль освещенности производится в сроки, зависящие от характера производства, но не реже 1 раза в год; значения освещенности на рабочих местах сравниваются с величинами, предусмотренными проектом или отраслевыми нормами искусственного освещения.

При измерении освещенности только что смонтированной осветительной установки величина освещенности должна быть равна нормированному значению, умноженному на коэффициент запаса осветительной установки. Коэффициент запаса осветительной установки вводится при ее проектировании и зависит от условий среды и типа применяемых источников света.

Результаты измерений освещенности заносятся в журнал эксплуатации осветительной установки, в котором должна быть и схема осветительной установки с нанесенными контрольными точками. Журнал может заполняться по следующему образцу:

Предприятие
 Цех
 Дата монтажа о. у.
 Тип осветительной арматуры
 1. Дата измерения освещения
 Напряжение сети, в

№ контрольных точек	Измеренные значения освещенности		Нормированные значения	
	комбинированное освещение	общее освещение	комбинированное освещение	общее освещение
1				
2				
.				
.				
.				

Чистка светильников произведена (дата)
 Замена ламп произведена (дата)
 2. Дата измерения
 и т. д.

После каждого измерения в журнале отмечаются все замеченные неполадки в установке; в случае несоответствия освещенности требуемой согласно нормам указываются причины этого несоответствия (перегорело много ламп, вышли из строя отдельные светильники, светильники грязные, мощность ламп ниже требуемой и пр.).

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Обследования состояния освещения, проводимые рядом организаций в различных отраслях промышленности, показывают, что в процессе эксплуатации происходит значительное снижение уровня освещенности на рабочих

местах из-за плохой эксплуатации осветительных установок, отсутствия регулярного контроля и ответственности персонала за состояние освещения.

Снижение освещенности рабочих мест в процессе эксплуатации вызывается следующими причинами:

- а) старением источников света и выходом их из строя;
- б) запылением и загрязнением светильников;
- в) старением светильников, т. е. ухудшением их светотехнических свойств, не устраняемым путем очистки;
- г) ухудшением отражающих свойств поверхностей помещения.

Влияние этих факторов на уровень освещенности схематично изображено на рис. 15, причем степень воздействия каждого из них на эффективность освещения

будет, естественно, разной для различных осветительных установок. Так, например, стены и светильники в литейном цехе запыляются скорее и интенсивнее, чем в механическом цехе. Осветительная же установка в больнице или лаборатории будет находиться в более благоприятных условиях, чем в механическом цехе.

Для компенсации снижения освещенности в процессе эксплуатации расчетная освещенность при проектировании освещения увеличивается против нормированной.

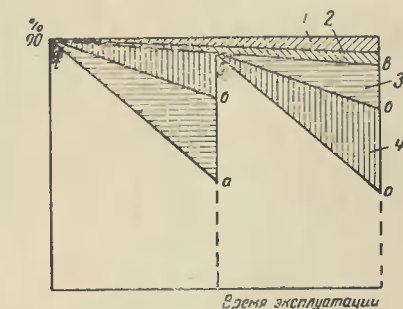


Рис. 15. Факторы, влияющие на снижение освещенности в процессе эксплуатации.

1 — запыление отражающих поверхностей помещения; 2 — старение светильников; 3 — загрязнение светильников; 4 — старение и выход ламп из строя; а — эксплуатационный уровень освещенности; б — значение освещенности после замены всех ламп новыми; в — значение освещенности после замены ламп и чистки светильников.

С этой целью при расчете освещенности, как уже указывалось выше, вводится коэффициент запаса, величина которого определяется условиями среды, в которых работает осветительная установка, степенью интенсивности запыления и загрязнения светильников и другими факторами, приведенными выше. При этом предполагается, что только при правильной эксплуатации установки уровень освещенности в течение определенного времени может сохраняться в пределах нормированной величины.

Запыление светильников и старение ламп в процессе эксплуатации снижают рациональность осветительной установки, так как потребляемый расход электроэнергии остается неизменным, а уровень освещенности уменьшается. Ухудшение условий освещения может повлиять на уровень производительности труда и увеличение себестоимости продукции.

Рассмотрим степень воздействия каждого из указанных выше факторов на уменьшение эффективности осветительных установок.

Старение источников света и выход их из строя

Величина светового потока, излучаемого источником света, уменьшается в процессе горения в большей или меньшей степени. В настоящем обзоре рассматриваются изменения светотехнических характеристик трех типов источников света, находящихся в настоящее время наиболее широкое применение для внутреннего освещения: ламп накаливания, люминесцентных ламп и дуговых ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ.

Лампы накаливания. Средняя продолжительность горения нормальных осветительных ламп накаливания всех типов согласно ГОСТ 2239-70 при номинальном напряжении составляет 1 000 ч. Световой поток ламп мощностью 40 вт и выше после 750 ч горения должен быть не менее 85% его первоначальной величины, ламп мощностью 15 и 25 вт напряжением 220 в — не менее 75%, ламп мощностью 15 и 25 вт напряжением 127 в — не менее 70%.

На срок службы ламп влияет напряжение сети, причем с увеличением напряжения продолжительность горения ламп сокращается. На рис. 16 представлена зависимость продолжительности горения и светового потока ламп накаливания от напряжения сети. Из графика вид-

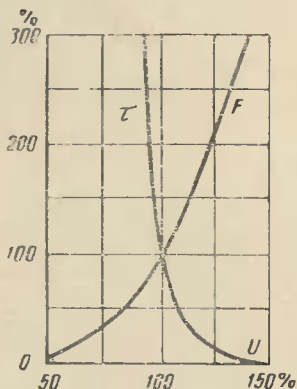


Рис. 16. Зависимость срока службы и светового потока ламп накаливания от изменения напряжения сети.

τ — срок службы; F — световой поток.

но, что изменение напряжения сети на 1% номинального дает изменение срока службы на $\pm 13\%$, светового потока на $\pm 3,5\%$.

На многих предприятиях величина рабочего напряжения значительно превышает номинальное. Это наблюдается при совместном питании силовых и осветительных сетей, особенно при частом включении крупных электродвигателей. При работе осветительных установок в ночное время суток, в часы минимальных нагрузок, наблюдается длительное повышение напряжения у ламп, так как трансформаторы подстанций потребителей не имеют автоматического регулирования напряжения.

Зависимость продолжительности горения ламп от напряжения выражается уравнением

$$\frac{t}{t_0} = \left(\frac{U}{U_0} \right)^{-14},$$

где t_0 , U_0 — номинальные срок службы и напряжение лампы; t , U — фактические срок службы и напряжение лампы.

Расчеты показывают, что при повышении напряжения на 5% номинального срок службы ламп сокращается почти в 2 раза, при повышении его на 10% — в 4 раза.

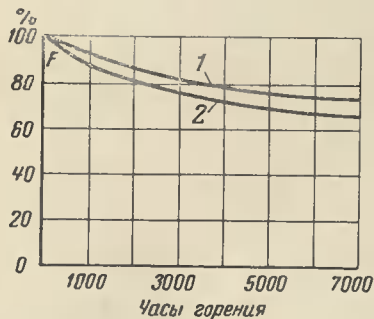


Рис. 17. Спад светового потока люминесцентных ламп в процессе горения.

1 — 40 Вт; 2 — 80 Вт.

Люминесцентные лампы. Согласно ГОСТ 6825-70 средняя продолжительность горения люминесцентных ламп должна быть не менее 10 000 ч. К этому времени значение светового потока ламп не должно быть меньше 60% номинального значения.

На рис. 17 приведены графики старения люминесцентных ламп типа ЛБ мощностью 40 и 80 Вт

(стендовые испытания). На степень снижения светового потока и срок службы лампы влияют температура и влажность окружающего воздуха, напряжение питающей сети и режимы работы ламп (способы включения и число включений ламп в течение суток).

Стандартные люминесцентные лампы рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха 15—40° С и имеют максимальную световую отдачу при его температуре 18—25° С. При отклонении окружающей температуры от оптимальных значений световой поток ламп уменьшается, причем уменьшение потока происходит в большей степени при понижении температуры от оптимального значения, чем при ее повышении. Так, при температуре стенок трубки около 0° С световой поток ламп снижается до 10—15% номинального значения; при увеличении температуры свыше 50° С световой поток снижается примерно на 0,8% на 1° С повышения температуры. Этим объясняется пониженное значение светового потока ламп, работающих в закрытых и уплотненных светильниках (ПВЛП, ВЛО, ВЛН и др.). В зависимости от конструктивных особенностей светильников, количества и мощности ламп снижение светового потока ламп может иметь значение от 10 до 30% номинального, в то время как в открытых светильниках с большими вентиляционными отверстиями в отражателях (ЛДОР, ПУ-23 и др.) или вообще без отражателей (ШОД и др.) лампы работают в нормальных условиях и подобного снижения светового потока не наблюдается [Л. 6]. За счет повышения температуры колбы срок службы ламп заметно снижается.

Повышенная влажность вызывает образование на поверхности лампы пленки, которая способствует значительному повышению напряжения зажигания, из-за чего затрудняется ее включение. Нормальная работа ламп наблюдается при относительной влажности окружающего воздуха, не превышающей 60—65%, т. е. в сухих помещениях.

Изменения напряжения сети сказываются на сроке службы люминесцентных ламп в значительно меньшей степени, чем у ламп накаливания. Так, при длительном повышении напряжения сети на 20% срок службы люминесцентных ламп, работающих в схеме с дросселем, падает до 50%, в то время как у ламп накаливания он снижается больше чем в 10 раз. Срок службы лампы, работающей с емкостным балластом, зависит от колебаний напряжения в меньшей степени, чем лампы, работающей с дросселем. При работе лампы с индуктивным балластом изменение напряжения сети на 1% дает изменение мощности ламп, светового потока и тока на 2%;

при работе с емкостным балластом на каждый процент изменения напряжения в сети световой поток, мощность и ток лампы изменяются в среднем на 1%.

Бесстартерное зажигание несколько увеличивает срок службы люминесцентных ламп и повышает надежность их работы. Поэтому использование бесстартерных ПРА, несмотря на большие потери энергии и большую стоимость самих ПРА по сравнению со стартерными, может оказаться экономически выгодным.

В значительной степени на срок службы ламп влияет характер их включения. Как известно, для облегчения зажигания лампы в схемах включения предусмотрен предварительный подогрев катодов ламп. Зажигание лампы должно происходить после того, как катоды в достаточной мере прогреются. В отдельных случаях (при неисправности в схеме, плохом качестве стартеров и пр.) может происходить зажигание при недостаточно прогретых катодах, т. е. «холодное» зажигание лампы. По данным исследований [Л. 7] срок службы ламп при постоянных «холодных» зажиганиях уменьшается до 30% номинального, т. е. одно «холодное» включение эквивалентно 7 ч непрерывного горения лампы.

Падает срок службы люминесцентных ламп и при частых включениях — выключениях их. Нередко в целях экономии электроэнергии в течение восьмичасового рабочего дня лампы включаются — выключаются несколько раз. В таких случаях нужно помнить, что за счет увеличения числа включений срок службы ламп может снизиться до такой величины, что расходы на замену ламп превысят экономию электроэнергии. Расчеты, произведенные за рубежом, показали, что минимальная длительность, на которую целесообразно выключать осветительную установку (на перерыв, при выходе людей из помещения и т. д.), составляет 12—18 мин. На меньший срок лампы выключать не рекомендуется. Экономически выгодная пауза отключения отечественных ламп может быть несколько иной, так как при расчете принимаются во внимание характеристики и стоимость ламп и электроэнергии.

Дуговые ртутные лампы типа ДРЛ. Эксплуатационные характеристики ламп ДРЛ изучены в настоящее время еще в недостаточной степени. До последнего времени не существовало единых технических условий на изготовление ламп ДРЛ, и каждый завод-изготовитель

выпускал лампы по своим техническим условиям. Поэтому световые и электрические характеристики ламп разных заводов несколько различались.

Согласно ГОСТ 16354-70 средняя продолжительность горения четырехэлектродных ламп ДРЛ составляет 7 500 ч. После 2 000 ч горения среднее значение светового потока должно быть не менее 70% номинального значения.

На уменьшение светового потока и срока службы ламп влияет частота включений их. Известно, что с ростом частоты включений наблюдается ускоренное старение ламп, однако конкретных данных об этом не имеется.

При эксплуатации осветительных установок с лампами ДРЛ нужно помнить, что повторное зажигание лампы не может быть произведено сразу же после отключения ее. Лампа должна остыть; время остывания ее зависит от температуры окружающего воздуха и составляет в среднем 8—10 мин.

Колебания напряжения сети — мгновенные и медленные, протекающие определенное время, действуют на лампы по-разному. Быстрое повышение напряжения сети, часто возникающее на предприятиях при совместном питании освещения и силового электрооборудования в случае отключения нагрузки, ведет к сокращению срока службы лампы, быстрое понижение его может привести к погасанию лампы. При медленном изменении напряжения сети в лампе устанавливается новый режим; при этом световой поток лампы изменяется в соотношении

$$\frac{\Delta F}{F} \approx 2 \frac{\Delta U}{U},$$

где U , F — номинальные напряжение и световой поток лампы; ΔU — отклонение напряжения от номинального; ΔF — соответствующее изменение светового потока.

Запыление светильников

Запыление и загрязнение светильников являются на многих предприятиях основными факторами, влияющими на снижение освещенности в процессе эксплуатации. Степень запыления светильников зависит от условий среды (количества и характера пыли, скорости движения воздуха в помещении) и конструктивных особенностей светильников.

На рис. 18 для примера приведены кривые снижения освещенности вследствие запыления для различных производств согласно зарубежным данным. Из рисунка видно, что к 12 мес. эксплуатации освещенность в литейном цехе снижается примерно на 50%, при сварочных работах — на 40%, в то время как в лаборатории освещенность к этому времени уменьшается лишь на 14%.

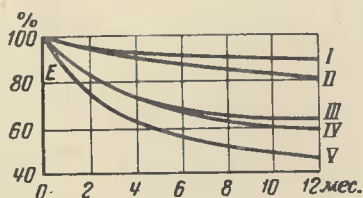


Рис. 18. Спад освещенности вследствие запыления для различных условий среды.

I — лаборатория; II — деревообделочный цех; III — формовочный цех (земляные работы); IV — сварочный цех; V — литейный цех.

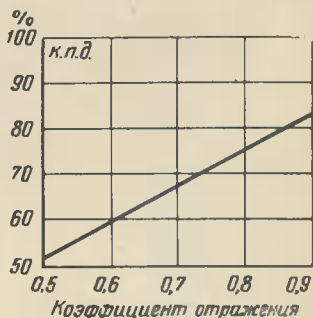


Рис. 19. Зависимость к. п. д. открытого люминесцентного светильника от коэффициента отражения отражателя.

По-разному происходит и прилипание пыли в различных производствах. Так, липкая, клейкая пыль (частицы паров масла при механической обработке, дым при разливе литья, водяной пар в прачечных и пр.) оседает на всех плоскостях светильника и ламп; инертная пыль (шлак, зола, мука, опилки и пр.) практически ложится на горизонтальные поверхности; сухие частицы металла (при обработке), волокна, волосы и пр. притягиваются к поверхностям пластмассовых деталей светильника за счет электростатических зарядов, возникающих в основном после их протирки.

Пыль, осаждающаяся на внутренней поверхности светильников, изменяет их светотехнические качества. Поверхностное покрытие диффузных светильников тускнеет и темнеет, что приводит к уменьшению коэффициента отражения внутренней поверхности и снижению к. п. д. светильника (рис. 19).

Загрязнение зеркальных светильников ведет к существенному снижению не только к. п. д. светильника, но и коэффициента использования осветительных установок.

Под коэффициентом использования осветительной установки понимают отношение светового потока, падающего на рабочую поверхность, $F_{р.п}$ к световому потоку ламп $F_{л}$, т. е.

$$U = \frac{F_{р.п}}{F_{л}}$$

По мере запыления зеркальных светильников кривые светораспределения их становятся менее концентрированными, постепенно приближаясь к кривым силы света диффузных светильников, за счет чего доля светового потока, падающего на рабочую плоскость, а следовательно, и

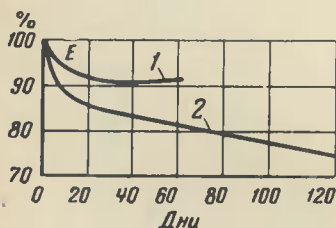


Рис. 20. Спад освещенности для светильников типа ВОД для различных условий среды.
1 — завод синтетического волокна;
2 — камвольный комбинат.

освещенность этой плоскости постепенно уменьшаются.

Снижение освещенности во времени за счет запыления и загрязнения светильников происходит неравномерно, сначала резко, а затем более плавно, причем ход кривой зависит от концентрации и цвета пыли (так, светлая пыль создает меньшее снижение светового потока светильников, чем темная при одинаковой концентрации), а также от типа применяемых для освещения светильников.

Для сравнения на рис. 20 и 21 приведены кривые спада освещенности во времени для светильников типа ВОД и светильников типа «Универсаль». В обоих случаях светильники устанавливались в помещениях, различающихся лишь степенью запыленности, мощность и высота подвеса светильников оставались без изменения. Из

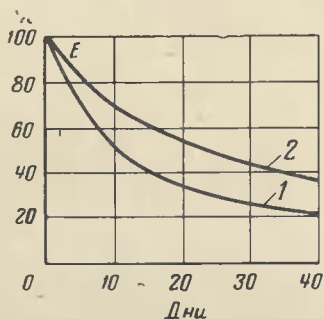


Рис. 21. Спад освещенности для светильников типа «Универсаль» для различных условий среды.
1 — старое цементное отделение;
2 — новое цементное отделение.

рис. 21 видно, что кривая снижения освещенности на заводе искусственного волокна уже к 40 дням эксплуатации пришла к насыщению, в то время как на камвольном комбинате, где условия среды несравненно тяжелее, идет постоянное резкое уменьшение освещенности и к 120 дням эксплуатации значение освещенности падает до 0,75 первоначальной величины.

Намного тяжелее условия эксплуатации в цементном производстве. Здесь уже к 30 дням освещенность упала примерно до 22% первоначального значения. Усовершенствование же технологического процесса в новом цементном производстве привело соответственно к уменьшению потерь светового потока, и к тем же 30 дням эксплуатации освещенность упала до 42% первоначального значения (кривая 1 на рис. 21).

Пыль в наибольшей мере оседает на верхней и в наименьшей на нижней стороне любой поверхности. Она может собираться также в тех местах светильника, где форма его отличается от обтекаемой. Опасными в отношении запыления являются светильники, которые имеют открытые сверху горизонтальные или наклонные светопроницаемые поверхности или открытые лампы (Люцетта, ШОД и др.), на которых будет концентрироваться пыль. Поэтому подобные светильники находят в основном применение для освещения жилых и общественных зданий, а также чистых производственных цехов и лабораторий.

Не совсем надежны в пыльных помещениях светильники специального исполнения, имеющие уплотнение по стеклу (ПВЛП, ПГТ и др.). Эти светильники способны затягивать внутрь пыль, что неизбежно возникает за счет так называемого «дыхания» светильников при включении и выключении их из электрической сети. Значительно меньше запыляются светильники, имеющие неразъемное в процессе эксплуатации соединение отражателя с перекрывающим его стеклом (примером такого светильника может служить светильник с лампой накаливания типа ППД 2-500). Открытые светильники с отверстиями в отражателе, через которые часть потока направляется в верхнюю полусферу, запыляются в меньшей степени, чем те же светильники без отверстий (например, ЛДО и ЛД). Интересен с этой точки зрения светильник типа СО, в котором потоки воздуха, проходящие снизу вверх, увлекают за собой частицы пыли и гря-

зи, за счет чего отражатель светильника меньше запыляется.

Экранирующие решетки, установленные в светильниках с люминесцентными лампами для снижения их слепящего действия, легко запыляются и трудно очищаются, поэтому применение их в пыльных помещениях нежелательно. Светильники с защитными сетками, на прутках которых удерживается трудно удаляемая пыль, также не рекомендуется устанавливать в помещениях с большим выделением пыли и копоти.

В качестве иллюстрации на рис. 22 приводятся кривые снижения освещенности по зарубежным данным для различных люминесцентных светильников с отражателями.

Эффективно в пыльных помещениях использование светильников с зеркальными лампами накаливания и люминесцентными лампами, имеющими внутренний отражающий слой (рефлекторные лампы). Рефлекторные лампы в последнее время освоены и выпускаются нашей промышленностью. На внутренней стороне этих ламп наносится слой с высоким коэффициентом отражения, выполняющий роль внутреннего диффузного отражателя.

Основным преимуществом зеркальных ламп накаливания и рефлекторных люминесцентных ламп является резкое снижение влияния пыли на изменение светотехнических характеристик ламп и светильников в процессе эксплуатации.

О целесообразности применения в пыльных помещениях новых рефлекторных ламп говорят результаты исследований [Л. 6], приведенные на рис. 23. Как видно из графиков, значения светового потока светильников с новыми лампами выше, чем с обычными люминесцентными, эта разница становится более заметной с увеличением запыленности светильников. Так, в условиях нормальной пыльности к. п. д. промышленного светильника с рефлек-

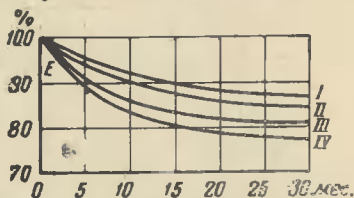


Рис. 22. Спад освещенности для различных типов светильников с люминесцентными лампами.

I — светильники с отверстиями в отражателях без экранирующих решеток (вверх ~ 27% F); II — светильники с отверстиями в отражателях с экранирующими решетками; III — светильники с отверстиями в отражателях (вверх ~ 11%); IV — светильники со сплошными отражателями.

торными лампами на 10% больше, а при сильном запылении на 27% больше, чем при обычных люминесцентных лампах.

В последнее время разработана и выпускается нашей промышленностью серия светильников с рефлекторными люминесцентными лампами для пыльных помещений. Использование этих светильников обеспечит значительное повышение освещенности на рабочих местах в процессе эксплуатации и снижение расходов на обслуживание.

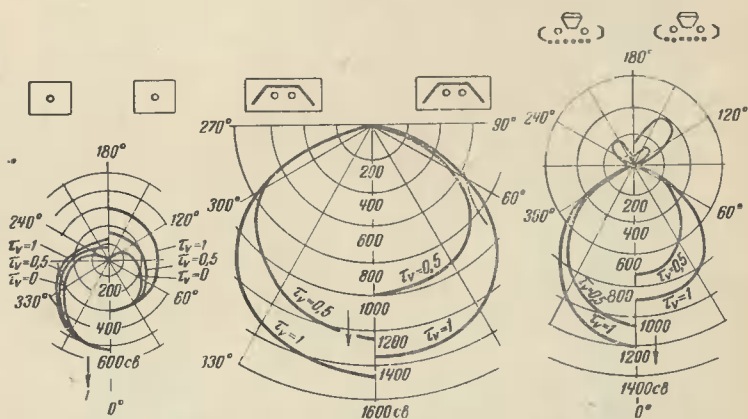


Рис. 23. Изменение кривых силы света светильников в зависимости от степени запыления (с левой стороны каждого рисунка даны кривые для случая использования ламп с внутренним отражающим слоем, с правой стороны — для стандартных ламп).

τ_v — коэффициент пропускания слоя пыли.

Очевидно, целесообразным окажется использование в пыльных помещениях продуваемых светильников. В настоящее время разработана конструкция светильника с лампой накаливания, имеющего защитную воздушную подушку, образующуюся за счет подачи в полость светильника сжатого воздуха в одной модификации или воздуха, подаваемого из системы вентиляции, в другой. Первоначальные исследования этих светильников в пылевых камерах прошли с большим успехом. Использование продуваемых светильников в пыльных цехах (литейное, цементное и прочие производства) имеет большие перспективы, особенно на заводах, где сжатый воздух используется для технологических нужд.

Все это говорит о том, что к выбору светильников при устройстве освещения надо подходить, исходя из особенностей светильников и условий производства, так как от этого будут зависеть эффективность установки и возможность поддержания светильников в чистоте в процессе эксплуатации.

Загрязнение помещения

Эффективным средством обеспечения требуемой освещенности в процессе эксплуатации является поддержание в чистоте отражающих поверхностей помещения и оборудования. В относительно небольших помещениях со светлыми потолками и стенами отраженные потоки, как правило, играют большую роль при создании требуемой освещенности, чем прямые. В основном это относится к общественным и административным помещениям, хотя такие случаи могут иметь место и на отдельных производственных участках. Поэтому в гл. II А.9-71 СНиП (Искусственное освещение. Нормы проектирования) регламентируются следующие величины коэффициентов отражения для жилых, общественных и административных зданий (табл. 2).

Таблица 2

Наименование поверхности	Коэффициент отражения, %
Потолок	Не менее 70
Стены	Не менее 30—50
Пол	Не менее 15
Мебель и оборудование .	Не менее 20—50

В производственных цехах, особенно в современных высоких многопролетных помещениях, значение отраженной составляющей светового потока может быть минимальным. Однако и в этих помещениях светлая окраска колонн, перекрытий, оборудования, поддержание их в чистоте в значительной мере влияют на уровень освещенности и общий вид помещения.

Способы и сроки замены ламп

В отечественной и зарубежной практике эксплуатации осветительных установок существует два способа замены ламп: индивидуальный и групповой.

При индивидуальном способе лампы заменяются сразу же по мере сгорания. Этот вариант замены целесообразен для тех осветительных установок, в которых выход из строя отдельных источников света будет давать заметное ухудшение количественных и качественных характеристик осветительной установки. Это относится ко всем небольшим установкам, выполненным люминесцентными лампами и лампами накаливания (отдельные комнаты, лаборатории и пр.), а также к установкам, выполненным мощными лампами накаливания или лампами ДРЛ, если перегорание одной лампы влечет за собой увеличение коэффициента пульсации¹ светового потока выше допустимого для данных зрительных работ или резкое снижение освещенности в зоне, прилегающей к данному светильнику.

Вторым общепринятым способом является групповая замена всех ламп, установленных одновременно. В этом случае все лампы осветительной установки по истечении определенного времени сразу заменяются новыми, даже если они продолжают работать. Зарубежной литературой рекомендуется осуществлять групповую замену ламп по истечении 70—80% номинального срока службы ламп. Интервал между заменами ламп определяется по экономической эффективности, зависит он также от старения ламп, времени работы установки и кривой выхода ламп из строя. Чем реже производится групповая замена, тем большая доля ламп выйдет из строя к моменту замены, тем ниже будет средний эксплуатационный уровень освещенности и вместе с тем меньшими будут расход ламп и стоимость самой замены.

Групповая замена источников света имеет несомненные преимущества перед индивидуальной:

1. Время замены ламп можно выбрать с учетом минимальных нарушений производственного процесса.

¹ Коэффициент пульсации светового потока K_{Π} определяется как

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2E_{\text{ср}}} 100\%.$$

где $E_{\text{макс}}$ и $E_{\text{мин}}$ — максимальное и минимальное значения освещенности на рабочем месте за период колебания электрического тока; $E_{\text{ср}}$ — среднее значение освещенности на рабочем месте за период колебания электрического тока.

Величина коэффициента пульсации регламентируется в проекте норм искусственного освещения в зависимости от точности зрительных работ.

2. Стартеры и ПРА не работают в трудных для них условиях, возникающих в конце срока службы люминесцентных ламп.

3. Значительно сокращаются колебания уровня освещенности во времени.

4. Установка не имеет неприглядного вида из-за использования в ней ламп одного и того же времени эксплуатации.

Недостатком групповой замены является несколько больший расход ламп. Однако часть ламп, пригодных к эксплуатации, может в дальнейшем использоваться в местах, легко доступных для обслуживания, и вспомогательных помещениях. Поэтому нужно как можно шире и смелее внедрять этот прогрессивный метод замены, экономическая целесообразность которого безусловна.

Но нужно с сожалением отметить, что на наших предприятиях, за очень редким исключением, почти не используется групповая замена ламп, а часто используется промежуточный метод, «ушедший» от индивидуального, но «не дошедший» до группового. В этом случае перегоревшая лампа заменяется после определенного времени, когда количество вышедших из строя ламп достигает определенной величины, установленной конкретно для каждой установки (чаще всего эта величина бывает равна 10—30% общего количества источников света). В этот момент заменяются все перегоревшие лампы. При таком способе в установке с люминесцентными лампами и лампами ДРЛ почти всегда могут оказаться лампы, уже проработавшие время, близкое к номинальному сроку службы, или даже большее, но излучающие, как уже указывалось выше, световой поток значительно меньший номинального, при сохранении своей электрической мощности. Эксплуатация таких источников экономически безусловно нецелесообразна. Поэтому правильнее было бы довести этот способ замены до группового, т. е. действительно в процессе эксплуатации заменять каждые 10—20% перегоревших ламп (причем новые установленные лампы маркировать), а затем в определенное время произвести полную замену всех ламп в установке. Промаркированные лампы можно использовать для освещения вспомогательных помещений.

Работа по определению экономически выгодных режимов обслуживания проводилась Всесоюзным научно-

исследовательским институтом охраны труда (г. Иваново) на предприятиях текстильной промышленности. Для сравнения указанных методов обслуживания были созданы две осветительные установки, выполненные светильниками с люминесцентными лампами типа ВОД.

На одной установке происходила групповая замена перегоревших ламп, на другой — индивидуальная. При обслуживании осветительных установок со светильниками типа ВОД оказалось, что групповой способ замены экономичнее индивидуального на 11—13,5% (первая цифра — для зданий с естественным светом, вторая — для зданий без естественного света). Поэтому для предприятий текстильной промышленности рекомендуется осуществлять только групповую замену, причем предлагается следующий порядок замены. Учитывая, что световой поток люминесцентных ламп в значительной степени снижается к концу срока службы и к этому времени наблюдается наибольшее снижение освещенности, рекомендуется производить замену ламп не сразу во всей установке, а через ряд, т. е. каждый раз менять около половины всех установленных ламп. Время горения всех ламп устанавливается 5 000 ч (расчет был произведен для условий, когда срок службы люминесцентных ламп был равен 5 000 ч).

Первый раз лампы заменяются новыми через 2 500 ч, но только в четных рядах. Лампы в нечетных рядах заменяются новыми спустя 2 500 ч после замены в четных рядах; к этому времени лампы в четных рядах отгорят 2 500 ч, в нечетных — 5 000 ч. Спустя 2 500 ч заменяются лампы четных рядов. К этому времени лампы в четных рядах отгорят уже 5 000 ч, в нечетных — 2 500 ч, т. е. при подобной замене ламп в установке в любой момент времени одна половина ламп имеет время горения, вдвое меньшее, чем вторая, и уровень освещенности на рабочих местах остается в пределах нормированной величины.

Сроки и способы чистки осветительной арматуры

Знакомство с осветительными установками различных предприятий показывает, что в процессе эксплуатации освещенность в основном снижается за счет запыления светильников. Освещенность на отдельных предприятиях

в течение нескольких месяцев эксплуатации, если не производить чистку светильников, может снизиться в 2—3 раза по сравнению с проектной. Нерегулярная, неравномерная чистка светильников приводит к тому, что средний эксплуатационный уровень освещенности часто становится ниже нормированного. Кроме того, из-за неправильной эксплуатации осветительных установок, увеличения интервала между чистками светильников пыль, грязь и копоть плотно оседают на поверхности осветительной арматуры и ламп и с течением времени под действием имеющейся в воздухе влаги образуют трудносмываемую пленку. За счет этого коэффициент отражения светильников уменьшается и после чистки и даже мытья не восстанавливается до своего первоначального значения.

В зависимости от характера среды помещения и вида пыли действующими нормами искусственного освещения гл. II-А.9 СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» регламентируются различные сроки чисток светильников, представленные в табл. 3.

Следует указать, что настоящими нормами искусственного освещения впервые в зависимости от цвета пыли для проектирования осветительных установок вводятся различные коэффициенты запаса. Обслуживание же светильников, т. е. интервалы между чистками, зависят лишь от концентрации пыли, дыма, копоти в производственном помещении.

В нормах искусственного освещения указывается кроме того, что в помещениях с особым режимом по чистоте воздуха при использовании светильников, обслуживаемых снизу, коэффициенты запаса могут быть снижены до 1,3 — при газоразрядных лампах и до 1,15 — при лампах накаливания.

На степень запыляемости светильников и легкость очистки их от грязи влияют свойства материала, из которого изготавливаются светоптические элементы светильников (отражатели, рассеиватели, преломлятели, защитные стекла, экранирующие решетки). Хорошо отмывается от любой грязи белая силикатная эмаль, которая используется лишь для светильников с лампами накаливания и ДРЛ.

Отражатели из торгового алюминия, используемые для некоторых типов светильников с лампами накаливания и ДРЛ, при определенных видах пыли интенсивно

Таблица 3

Характеристика помещения	Коэффициент запаса		Чистка светильников производится не реже
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания	
Помещение с большим выделением пыли, дыма, копоти:			
а) темная пыль (кузнечные, литейные цехи, углефабрики)	2,0	1,7	2 раза в 1 мес.
б) средняя и светлая пыль (цементная, известковая и пр.)	1,8	1,5	
Помещение со средним выделением пыли:			
а) темная пыль	1,8	1,5	Раз в 1 мес.
б) средняя и светлая пыль	1,6	1,4	
Помещение с малым выделением пыли	1,5	1,3	Раз в 3 мес.
Наружное освещение	1,5	1,3	Раз в 6 мес.

загрязняются, образуется стойкое, трудно удаляемое загрязнение. Поэтому использовать эти светильники в пыльных помещениях не рекомендуется. Для светильников с люминесцентными лампами, которые по технологическим соображениям не могут покрываться силикатной эмалью, наилучшей с точки зрения очистки от пыли зарекомендовала себя мочевино-формальдегидная эмаль типа У-311, создающая гладкую поверхность; значительно хуже из-за своей шероховатости эмаль типа АС-72 на титановой основе. Все это необходимо учитывать при выборе светильников для освещения различных производств.

В зависимости от характера пыли определяется способ удаления ее: сухая или влажная обтирка, мытье водой или применение различного рода растворителей. На отдельных предприятиях с большим успехом для удаления грязи и пыли используются пылесосы (бумажное производство, прядильно-ткацкие фабрики и пр.).

При мытье диффузных отражателей лучше использовать теплую воду, причем в нее могут быть добавлены моющие средства (порошки, сода, паста и пр.). Чтобы не переносить грязь с одного отражателя на другой,

моющий раствор должен по мере загрязнения обновляться.

Отражатели с зеркальной поверхностью, полученной методом «альзак-процесса» (электролитического обьярчения) и алюминированием в вакууме, должны очищаться только сухой мягкой тряпкой или кисточкой с большой осторожностью, чтобы не оставить на поверхности царапин, меняющих характер отражения после многократных очисток. Осторожность нужно соблюдать и для того, чтобы не повредить наружное защитное лаковое покрытие, которое имеет зеркальные поверхности отражателей, полученные методом алюминирования в вакууме (например, светильники с люминесцентными лампами типов ПУ-25, ПУ-23 и пр.).

Светильники с рассеивателями, экранирующими решетками и защитными стеклами из термопластических материалов в значительной степени запыляются из-за возникновения после протирки электростатических зарядов. Пыль прилипает к этим поверхностям. Для устранения прилипания пыли поверхности из термопластических материалов после удаления с них пыли должны быть обработаны специальными антистатическими жидкостями, рецепт которых в настоящее время у нас получен. За рубежом, помимо применения антистатических жидкостей, поверхности из термопластических материалов покрывают специальными пленками, за счет которых на поверхности светильника после удаления пыли не остается электростатических зарядов.

Основные узлы светильников (лампы, патроны) чистятся мягкой влажной тряпкой, причем лампы должны обмываться только в холодном состоянии.

При чистке светильников необходимо обращать внимание на качество прокладок, винтов, запоров, неисправные заменить, исправные при сборке смазать.

Способы и средства обслуживания светильников

Обслуживание осветительных установок может быть организовано силами предприятия или специализированными бюро. Нужно сказать, что в основном эксплуатацией осветительных установок занимаются сами предприятия. Второй способ обслуживания широко используется за рубежом. В нашей стране он только начинает организовываться.

Обязанностью службы эксплуатации является надзор за состоянием освещения в цехах: замена ламп, регулярная чистка и мойка ламп и осветительных арматур, контроль состояния и профилактический ремонт осветительного оборудования и сетей, наблюдение за периодическими очисткой и переокраской загрязненных поверхностей помещений.

Вопросы обслуживания и эксплуатации электрической части осветительных установок (электропроводок, распределительных пунктов и щитков и пр.) в данной брошюре не рассматриваются [см. Л. 8—10].

Выполнять работы по обслуживанию светильников можно наверху, на месте установки светильников, а также в специально оборудованной светотехнической мастерской. В первом случае мойку, чистку и ремонт светильников должны производить лишь электромонтеры.

При наличии на предприятиях светотехнических мастерских грязные и неисправные светильники отсоединяются от сети и транспортируются в мастерскую, где выполняются все работы по очистке и ремонту светильников, причем мойкой и чисткой могут заниматься менее квалифицированные работники. Вместо снятых светильников устанавливаются чистые и отремонтированные. Работы по отсоединению светильников от электрической сети легко производить при наличии у светильников штепсельных соединений.

Второй способ обслуживания более прогрессивен и удобен. Однако при такой организации следует предусмотреть запас годных светильников и запасных частей к ним в количестве не менее 5—10% всех установленных светильников.

Выполнение всех работ по обслуживанию зависит в первую очередь от наличия приспособлений и устройств, обеспечивающих удобный и безопасный подход к светильникам. В нашей стране и за рубежом для доступа к светильникам используются следующие приспособления: приставные лестницы и стремянки; подвесные и мостовые грузоподъемные краны; стационарные осветительные мостики; передвижные и самоходные телескопические и шарнирно-телескопические вышки; площадки и стойки для светильников, устанавливаемых на ограждениях технологических площадок, лестниц и переходов, расположенных на значительной высоте от пола или земли.

Приставные лестницы и стремянки находят самое широкое применение в практике обслуживания осветительных установок до высот подвеса светильников, не превышающих 5 м. В исключительных случаях светильники, установленные на высоте до 8 м от пола, могут обслуживаться с приставных лестниц двумя лицами, из которых одно должно иметь квалификацию по технике безопасности не ниже III группы. Установке лестниц не должно мешать технологическое оборудование и выступающие части фундаментов. При обслуживании надо следить за тем, чтобы лестница устанавливалась под углом порядка 60° к горизонту.

Лестницы и стремянки крайне неудобны при обслуживании. При чистке и замене ламп обслуживающий персонал должен иметь свободными обе руки и возможность работать с достаточной безопасностью. Поэтому на многих предприятиях для обслуживания осветительных установок применяются самодельные передвижные лестницы на колесах с различным числом ступенек (в зависимости от высоты установки светильников) с платформами или площадками, имеющими поручни-ограждения и место для ламп, стартеров, ремонтного инвентаря и пр.

При конструировании подобных средств обслуживания с пола нужно иметь в виду, что устройства для обслуживания должны иметь небольшую площадь опоры, большую рабочую площадку, переменную высоту, небольшой вес и возможность легко передвигаться по помещению.

Подвесные и мостовые грузоподъемные краны могут использоваться для обслуживания светильников лишь при гарантии полной безопасности работающих на кране; должны быть исключены возможности столкновения со строительными конструкциями и поражения электрическим током.

В соответствии с «Указаниями по проектированию электрического освещения производственных зданий» (СН 203-62) и «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» расстояние от настила галереи крана до низа светильников должно быть не менее 1800 мм. При работе голова человека должна находиться на расстоянии не менее 100 мм от низа строительных препятствий. При высоте установки светильников, превышающей 1,8 м от настила галереи, необходи-

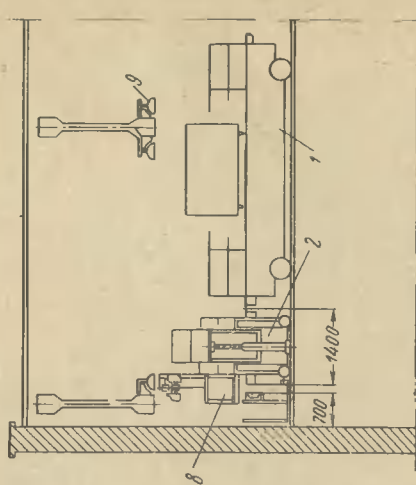
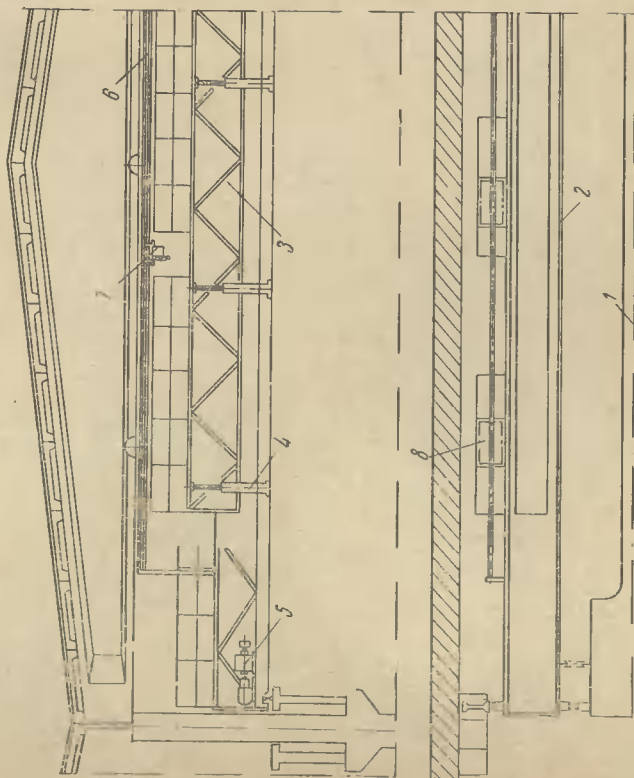


Рис. 24. Опорный мостик для обслуживания светильников, прицепляемый к мостовому крану.

1 — мостовая площадка; 2 — опорный мостик; 3 — подъемно-опускная площадка; 4 — подъемник; 5 — привод подъемника; 6 — монорельс; 7 — электроталь; 8 — контейнер для светильников; 9 — светильник.



мы специальные приспособления, обеспечивающие подъем человека на нужную высоту и безопасность работы. Эти приспособления на существующих кранах отсутствуют и сооружение таких приспособлений на них невозможно.

В настоящее время разработаны эскизные проекты прицепных мостиков к стандартному однобалочному и мостовому кранам, отвечающие требованиям техники безопасности. На рис. 24 показан осветительный мостик, установленный на рельсовых путях мостового крана, который может быть прицеплен к буксирующему крану. На мостике находится подъемно-опускная площадка, которая в своем нижнем положении отстоит от нижнего пояса ферм на 1800 мм. При обслуживании светильников площадка может быть поднята на 0,5—0,6 м, причем в это время исключается возможность движения буксирующего крана.

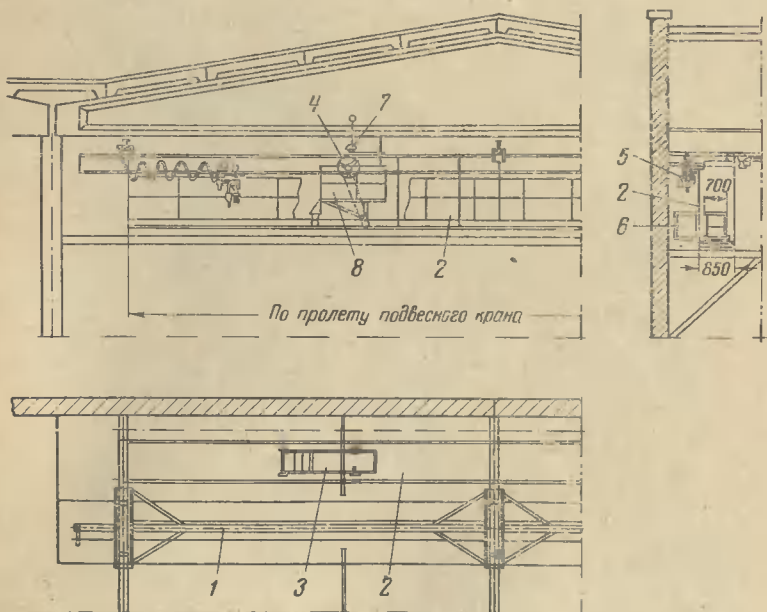


Рис. 25. Подвесной мостик для обслуживания светильников, прицепляемый к подвесному однобалочному крану.

1 — подвесной однобалочный кран; 2 — подвесной мостик; 3 — передвижная тележка; 4 — ручной привод для передвижения тележки; 5 — электроталь; 6 — контейнер; 7 — светильник; 8 — ремонтная площадка.

На рис. 25 изображен осветительный мостик, который при помощи быстросцепляющего механизма может быть прицеплен для буксировки к траверсам подвешного крана. Мостик имеет огражденную подвижную площадку, поднятую на высоту 0,5 м от его настила, обеспечивающую удобный и безопасный доступ к светильникам. Механизм передвижения подвешного крана может включаться человеком, находящимся на мостике, при этом включение произойдет только в том случае, когда человек не находится на подвижной площадке.

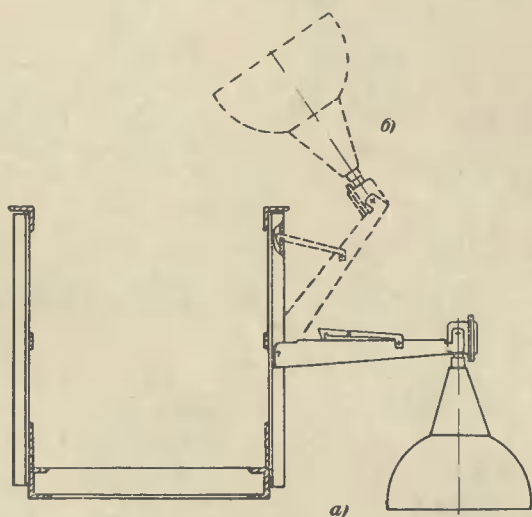


Рис. 26. Кронштейн КРП-М для установки светильников с лампами накаливания на ограждении цеховых мостиков.

а — рабочее положение светильника; *б* — положение светильника для смены лампы.

Одним из лучших и дешевых средств эксплуатации осветительных установок являются стационарные *светотехнические мостики*, представляющие собой сварные металлические площадки шириной 700—800 мм, устанавливаемые вдоль линии расположения светильников. Мостики должны иметь настил из листовой рифленой стали и ограждение высотой 1 м, наглухо обшиваемое листовой сталью до высоты 150 мм от настила. Нагрузка на мостик не должна превышать 200 кг на 1 пог. м. Мостики

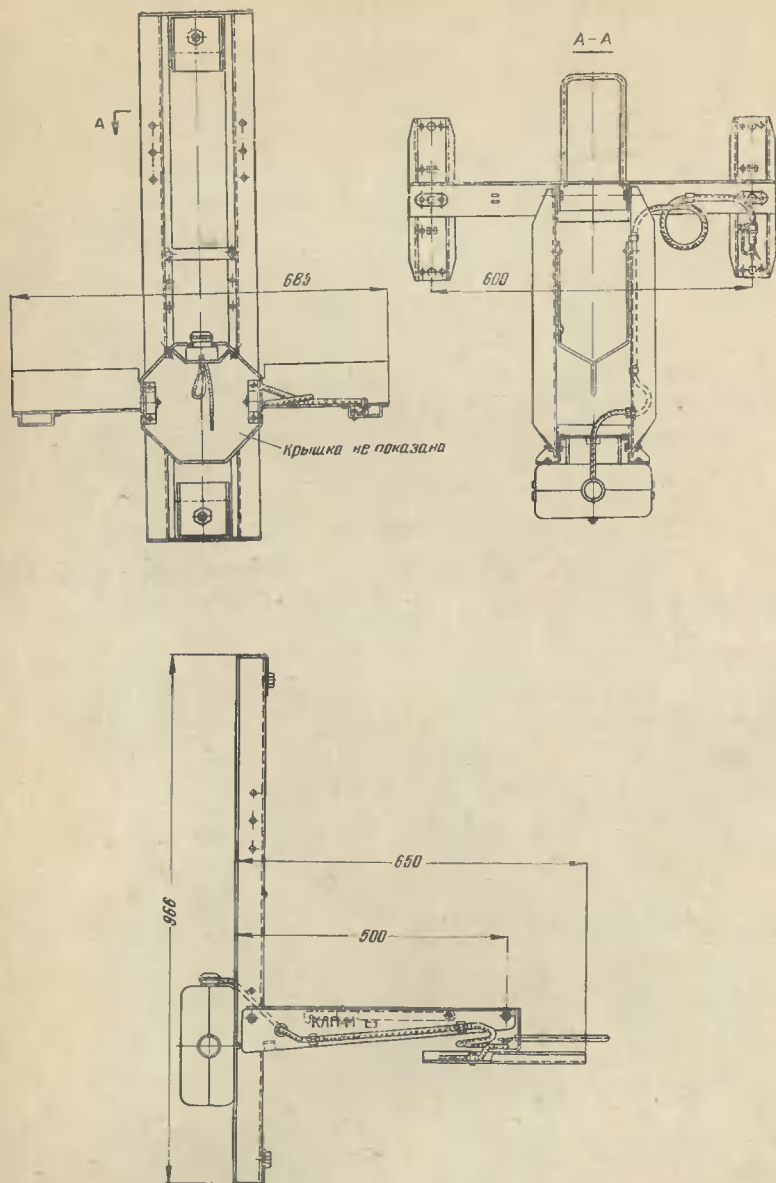


Рис. 27. Кронштейн КЛП-М для установки светильников с люминесцентными лампами на ограждении цеховых мостиков.

могут составляться любой длины из секций 6 и 12 м соответственно шагу ферм. Для подъема на мостики сооружаются лестничные клетки. При длине мостиков до 200 м сооружается одна лестничная клетка у одного из торцов пролета, при длине мостиков более 200 м — одна лестничная клетка на каждые 200 м длины мостика. Право входа на лестничные клетки должен иметь лишь обслуживающий персонал.

Светильники с лампами накаливания и газоразрядными лампами могут устанавливаться на подвижных кронштейнах по одну или обе стороны мостиков таким образом, чтобы не возникало затенения светового потока светильников конструктивными элементами мостика. Кронштейны типа КРП-М (рис. 26) для светильников с лампами накаливания и ДРЛ и типа ҚЛП-М (рис. 27) для светильников с люминесцентными лампами крепятся к ограждениям мостика.

Мостики обеспечивают удобный и безопасный доступ к светильникам; к тому же они могут использоваться для монтажа на них элементов осветительной установки для прокладки электрических сетей. Работы по обслуживанию светильников могут производиться в любое удобное для персонала время.

Металлические мостики должны являться частью строительных конструкций здания, поэтому на их сооружение задание должно выдаваться проектирующей организацией при проектировании здания.

Передвижные и самоходные телескопические и шарнирно-телескопические подъемники. Телескопические подъемники, смонтированные на автомашинах, широко применяются для обслуживания светильников наружного освещения, установленных на опорах или кронштейнах на

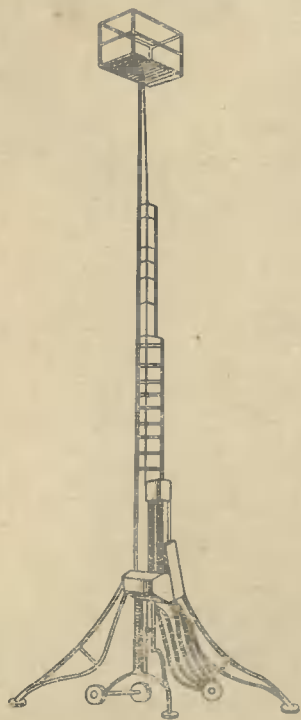


Рис. 28. Телескопическая вышка типа ВГ-12,5.

высоте 6 м и более от уровня земли. Они могут применяться и для обслуживания светильников внутри помещений, но только в строящихся зданиях. Использоваться для работы в действующих цехах они не могут, так как выбрасывают в воздух большое количество отработанных газов и отравляют воздух помещения. Кроме того, для автомашины требуется достаточно широкий проезд между технологическим оборудованием. Подъемники типа ТВ-1М на автомобиле ГАЗ-61 с высотой подъема 15 м и типа ВИ-23 на автомобиле ЗИЛ-157 с высотой подъема 23 м грузоподъемностью 150 кгс изготавливаются Авторемонтным заводом № 6 Мосгорисполкома.

Передвижные (несамоходные) телескопические подъемники (рис. 28) находят очень ограниченное применение в промышленных зданиях. Светильники могут обслуживаться с этого устройства лишь в том случае, если они расположены не над технологическим оборудованием. Кроме того, на подъем и опускание телескопа перед перемещением подъемника с одного места на другое требуется много времени. Эти подъемники используются для обслуживания светильников на станциях метрополитена, железнодорожных вокзалах и в других общественных сооружениях. Подъемники ВТ-12,5 и ВТ-20 с высотой подъема соответственно 12,5 и 20 м и грузоподъемностью 120 кгс изготавливаются Армавирским заводом железнодорожного машиностроения.

В цехах металлургической, химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности часто по технологическим причинам требуется установка светильников на ограждения площадок и лестниц, кронштейнах, стенах и частях технологического оборудования на достаточной высоте от пола. Для подхода к светильникам, установленным таким образом, рекомендуются *стойки, закрепленные на ограждениях* (рис. 29), *скобы, заделанные в стены или приваренные к металлу технологического оборудования, специальные площадки.*

Все перечисленные приспособления являются основными, наиболее часто встречающимися на предприятиях. Находят также применение и другие специальные устройства для обслуживания, например тележки, передвигающиеся по стальным прогонам на уровне ферм; спускные устройства, предназначенные для спуска светильников до высоты, позволяющей обслуживать с пола; раз-

личного рода подвесные корзины, люльки, передвигающиеся вместе с тельфером или кран-балкой, и пр.

Интересно приспособление для замены и чистки люминесцентных ламп, запатентованное в США. Обслуживание светильников происходит с пола без лестниц. Приспособление состоит из головки-захвата и штанги. При замене ламп используется полуцилиндрический захват,

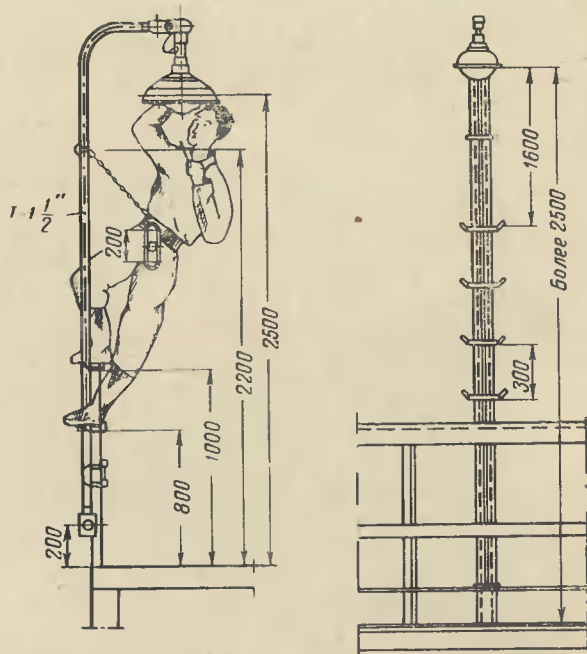


Рис. 29. Стойка для установки светильников на ограждение мостиков, площадок.

имеющий внутри кожаную прокладку, покрытую липкой массой, за счет чего лампа не выскальзывает из захвата. Шарниры, укрепленные на штанге, позволяют поворачиваться ей на 90° вокруг горизонтальной оси.

Приспособление для пропитки ламп имеет захват в виде разрезанного кольца. На внутренней поверхности кольца прикреплена мягкая прокладка, которая протирает поверхность люминесцентной лампы при перемещении захвата вдоль нее.

Из всех описанных выше способов обслуживания осветительных установок самым прогрессивным является способ обслуживания со светотехнических мостиков.

Мостики удобны и безопасны при обслуживании. Обслуживать светильники с них можно в любое время, что особенно важно в тех производствах, где единственным способом подхода к светильникам являются краны, которые в свою очередь интенсивно участвуют в технологическом процессе, из-за чего практически невозможно использовать их при обслуживании светильников. Необходимо также отметить, что при обслуживании светильников с мостиков затрата времени и количество занятых людей будут значительно меньше. Поэтому мостики по достоинству оценены монтажниками и эксплуатирующим персоналом и находят все большее применение для обслуживания в цехах различных предприятий.

Литература

1. Дадимов М. С., Освещение токарных работ, сб. «Освещение промышленных предприятий», кн. II, изд. ЛИОТ, 1935.
2. Дмитриевская Н. П., Рациональное освещение и производительность труда, «Светотехника», 1955, № 4.
3. Райцельский Л. А., Техничко-экономические расчеты осветительных установок с различными источниками света, «Светотехника», 1961, № 12.
4. Рохлин Г. Н., Газоразрядные источники света, изд-во «Энергия», 1966.
5. Фугенфиров М. И., Что нужно знать о газоразрядных лампах, изд-во «Энергия», 1968.
6. Айзенберг Ю. Б., Ефимкина В. Ф., Осветительные приборы с люминесцентными лампами, изд-во «Энергия», 1968.
7. Штурм Г. К., Пускорегулирующая аппаратура и схемы включения люминесцентных ламп, Изд-во иностр. лит., 1961.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, изд-во «Энергия», 1969.
9. Гуревич Г. И., Инструктаж по технике безопасности на рабочем месте электромонтажника, изд-во «Энергия», 1966.
10. Ключев С. А., Осветительные сети производственных помещений, Госэнергоиздат, 1961.
11. Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А., «Осветительные установки», изд-во «Энергия», 1968.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Значение рационального освещения в производственной деятельности человека	3
2. Аппаратура и методика контроль- ных измерений	13
3. Эксплуатация осветительных уста- новок	27
Литература	55

*Варсанофьева Галина Дмитриевна,
Фомина Антонина Мейровна*

**Освещенность и ее контроль
в осветительных установках**

Редактор *И. П. Березина*

Обложка художника *Г. Д. Целищева*

Технический редактор *О. Д. Кузнецова*

Корректор *И. А. Володяева*

* * *

Сдано в набор 24/V 1971 г.

Подписано к печати 29/XII 1971 г.

Т-16900

Формат 84×108¹/₃₂

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 2,94

Уч.-изд. л. 3,02

Тираж 25 000 экз.

Цена 11 коп.

Зак. 209

* * *

Издательство „Энергия“. Москва, М-114,

Шлюзовая наб., 10.

* * *

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

Цена 11 коп.