Освещенность - важный фактор производственной и окружающей среды. Не случайно известный французский архитектор Шарль Ле Корбюзье отмечал: "Материалами для застройки городов являются солнце, пространство, растительность, сталь и бетон. Их роль точно соответствует порядку перечисления".

И с его мнением трудно не согласиться - для нормальной жизнедеятельности человека крайне важны солнечные лучи, свет, освещение. Напротив, недостаточные уровни, низкое качество естественной и искусственной освещенности, особенно при выполнении работ, напряжении органа зрения, являются одной из значимых причин ухудшения зрения среди населения, в том числе работающих. Основные количественные и качественные характеристики освещенности могут быть обеспечены правильной эксплуатацией безопасных и соответствующих своему назначению источников света и освещения, а также государственным надзором и контролем за выполнением гигиенических регламентов и норм освещенности.

В настоящее время основная тенденция и важная закономерность развития источников света - это их дальнейшее совершенствование, в том числе повышение экономичности, надежности, эффективности, безопасности, качества цветопередачи. В этом плане следует отметить перспективу внедрения и использования люминесцентных, особенно компактных люминесцентных ламп, возможности регулировки уровней освещенности на основе использования инфракрасных и других датчиков, определяющих присутствие людей в помещении, различных систем управления светом, в том числе дистанционных. Уже сегодня активно внедряется экономически выгодное световодное освещение, создаются управляемые совмещенные системы освещения и передачи солнечного света в помещениях, дистанционное управление лампами. Фактически речь уже идет о "моем, личном, персональном свете", разработке разных источников освещения для отдельных, конкретных видов трудовой деятельности, отдыха и т.д. А в некоторых случаях, в том числе в условиях производства, нанимателю приходится решать следующий вопрос, связанный с освещением рабочих мест: "Рекомендовать работнику обратиться к офтальмологу, подобрать очки, поменять вид работ или следует повысить освещенность? ".

Природа зрительной системы организма человека во многом определяет, по сути, эффективность восприятия окружающей, в том числе производственной, среды, а эффективная деятельность зрительного анализатора, органа зрения в целом определяется понятием зрительной работоспособности, которая должна рассматриваться в зависимости от факторов, оказывающих на нее наибольшее влияние. Термин "зрительная работоспособность" используется на практике для оценки способности человека заметить, опознать и обработать деталь, находящуюся в поле зрения, основываясь на скорости, точности и качестве восприятия. Зрительная работоспособность также зависит от характеристик выполняемого задания (размер, форма, расположение, цвет и др.) и способности восприятия, на которую влияют условия освещения, его качественные и количественные характеристики.

Для каждого рода занятий с точки зрения и гигиенического обеспечения зрительных работ, и эффективного использования энергетических ресурсов должен быть индивидуальный, регулируемый по основным параметрам источник света и освещения. Такой подход вполне оправдан, ведь свет обеспечивает поступление почти 90% всей информации, являясь, по словам академика С.И. Вавилова, "необходимым условием для работы глаза, самого тонкого, универсального и могучего органа чувств". Какой же должна быть эта нормальная освещенность?

Качество света определяется мощностью источника света, спектром излучения, его соответствию условиям выполняемой работы, отдыха и т.д. А если сказать кратко, то это правильная эксплуатация безопасных и соответствующих своему назначению источников освещения.

Для условий трудовой деятельности различают три основных вида освещения: естественное (только за счет солнечного света, инсоляции), искусственное (используются только искусственные источники света и освещения) и совмещенное (иногда называют смешанным), когда недостаточное естественное освещение дополняется искусственным светом.

Высокая зрительная работоспособность и производительность труда тесно связаны между собой рациональным производственным освещением. И основные требования к освещению на рабочем месте вне зависимости от источника света должны быть следующими:

- достаточность освещения, что должно обеспечить комфортные условия для общей работоспособности и оптимальные уровни яркости для работы зрительного анализатора;
- обеспечение безопасного выполнения работы;
- равномерность освещения во времени и пространстве, чтобы предметы и объекты, имеющие разную отражательную способность и значительную яркость, воспринимались органом зрения в полном объеме.

Зрительная работоспособность характеризует количественную оценку способности человека заметить, опознать и выполнить работу по обработке детали, находящейся в поле зрения, с учетом скорости, точности и качества восприятия. Работоспособность зрительного анализатора зависит от характеристик задания (размер, форма, положение, цвет, коэффициенты отражения деталей и фона) и способности восприятия, на которую влияют условия освещения, а также от таких параметров, как прямая или отраженная блескость, неравномерность освещенности и др.

Следствием работы в плохих условиях освещения (недостаточные уровни, различные отвлекающие внимание помехи и т.п.), а также в результате утомления из-за прилагаемых усилий для опознания недостаточно четких или сомнительных объектов, сигналов может быть зрительная усталость, снижение работоспособности органа зрения.

А выполнение зрительной работы, особенно длительной и напряженной, при недостаточных количественных и качественных характеристиках и параметров освещенности может вести к развитию ряда нарушений и заболеваний органа зрения. Наиболее часто отмечаются такие нарушения и дефекты зрения, как близорукость (ложная и истинная - миопия), дальнозоркость (истинная - гиперметропия и старческая - пресбиопия). В ряде случаев раннее развитие пресбиопии иногда рассматривают как производственно обусловленную или профессиональную патологию. При нарушении функции нивирования зрительной системы организма происходят изменения адаптации (процесс приспособления глаза к яркости, цвету или конечное состояние этого процесса), аккомодации (процесс фокусировки глаза, обеспечивающий максимальную остроту зрения при изменении расстояния до объекта различения).

В этой связи актуальна разработка и внедрение мер по оптимизации количественных и качественных характеристик освещения рабочих мест на основе современных методов контроля, измерений и оценки источников света и параметров освещенности, установленных соответствующими нормативно-методическими документами.

Основные документы, регламентирующие требования к параметрам освещенности, их измерениям и оценке

Нормативные величины искусственного освещения для промышленных предприятий в СССР впервые были разработаны под руководством профессора П.М. Тиходеева и утверждены Народным комиссариатом труда СССР в 1928 г. За прошедший период нормы освещенности неоднократно пересматривались, дополнялись (в основном в сторону повышения требований к уровням освещенности рабочих мест, условиям выполнения зрительных работ).

В настоящее время параметры освещенности при проведении государственного надзора и контроля за освещением регламентируются основным документом - Строительными нормами Республики Беларусь СНБ 2.04.05-98 "Естественное и искусственное освещение" (с изм. и доп.; далее - СНБ 2.04.05-98), отражающими нормативные требования к уровням освещенности для различных условий, помещений, объектов, работ и видов деятельности. СНБ 2.04.05-98 включают требования к уровням освещения как для производственных условий на рабочих местах, так и для административных, санитарно-бытовых, общественных и жилых зданий и помещений.

ГОСТ 24940-96 "Здания и сооружения. Методы измерения освещенности" и ГОСТ 26824-86 "Здания и сооружения. Методы измерения яркости" устанавливают требования к методикам выполнения необходимых измерений уровней естественной и искусственной освещенности и яркости.

Основные требования к светильникам, осветительным приборам приведены в ГОСТ 17677-82 "Светильники. Общие технические условия", ГОСТ 15597-82 "Светильники для производственных зданий. Общие технические условия", ГОСТ 4677-82 "Фонари. Общие технические условия", ГОСТ 6047-90 "Прожекторы общего назначения. Общие технические условия".

Дополняют содержание указанных документов, конкретизируют методические особенности выполнения измерений параметров световой среды и вопросы оценки полученных результатов Методические указания 11.11.12-2002 "Измерения и гигиеническая оценка освещения рабочих мест", утвержденные Министерством здравоохранения Республики Беларусь (далее - МУ 11.11.12-2002).

С 2004 г. в республике введен в действие в качестве государственного стандарта Республики Беларусь межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО 8995-2002 "Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещения" (далее - ГОСТ ИСО 8995-2002). Документ определяет пути решения вопросов оптимизации эргономики зрительного восприятия с учетом физиологических особенностей человека, его зрительных способностей, выполняемой зрительной работы, предлагает пути повышения эффективности зрительной работы.

СанПиН 13-2-2007 позволяет провести оценку освещенности одного из факторов производственной среды при комплексной оценке условий труда, установить к какому классу вредности и (или) опасности следует отнести условия световой среды на данном, изучаемом рабочем месте.

Эти документы - основные в области измерений и оценки условий освещения. Различные дополнительные требования, рекомендации по оптимизации условий освещения отражены и в других нормативных и методических документах. Для ряда отраслей промышленности, отдельных производств, отличающихся дополнительными требованиями к качеству продукции и соответствующими особенностями выполнения зрительной работы, разработаны специальные отраслевые нормы, включающие требования и регламенты по освещенности рабочих мест с учетом специфики отдельных производств.

Приведем перечень основных, наиболее часто встречающихся терминов, некоторых сокращений, определений, содержащихся в вышеуказанных документах.

Аварийное освещение разделяют на освещение безопасности и эвакуационное; выделяют охранное и дежурное освещение (освещение в нерабочее время).

Блеск - свойство поверхности отражать световой поток, проявляющейся в ярком, искрящемся свете.

Блескость (а не блескость!) - свойство светильников, других источников света или светящихся и отражающих поверхностей нарушать условия комфортного зрения и (или) ухудшать контрастную чувствительность.

Боковое естественное освещение - естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

Верхнее естественное освещение - естественное освещение помещения через верхние фонари, световые проемы в стенах, в местах перепада высот здания.

Естественное освещение формируется за счет прямого или отраженного света неба, проникающего через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. В светотехнической и гигиенической литературе часто используется термин "второй свет" - свет, поступающий в помещение, отделенное от источника света перегородкой со светопроемом.

Искусственное освещение - освещение, создаваемое светильниками, осветительными установками, прожекторами и другими искусственными источниками света.

Комбинированное освещение - освещение, при котором к общему освещению добавляется местное освещение.

Контраст объекта различения с фоном, K - отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Коэффициент естественной освещенности, $K_{ЕО},\%$ - отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной поверхности внутри помещения светом неба (непосредственным или отраженным), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Коэффициент запаса или коэффициент учета снижения освещенности - соотношение между освещенностью, обеспечиваемой источником света в данный момент, и начальной освещенностью, создаваемой новым источником света; учитывает снижение уровней естественного и искусственного освещения в процессе эксплуатации ввиду загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, ламп, источников света, снижения отражающих свойств поверхностей помещения.

Коэффициент отражения - отношение светового потока, отраженного поверхностью, к световому потоку, падающему на эту поверхность.

Коэффициент пульсации освещенности, K_p - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током промышленной частоты; оценивается в процентах как отношение разницы между максимальной и минимальной величинами освещенности за период наблюдения к удвоенной величине показателя средней освещенности.

Коэффициент светового климата, m - коэффициент, учитывающий особенности светового климата как совокупность условий естественного освещения местности за период более 10 лет.

Локализованное освещение - освещение, обеспечивающее повышенную освещенность в одной или нескольких точках рабочего места, рабочей зоны, помещения.

Мерцание - воспринимаемое органом зрения ощущение прерывистости, чередования или колебания света.

Местное освещение - освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, направляющими световой поток непосредственно на рабочие места.

Недостаточность естественного освещения - конструктивные и другие особенности помещения и условия световой среды, при которых величина КЕО на рабочем месте менее нормированного значения.

Общее освещение - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение). Если источники света расположены в верхней зоне, но применительно к расположению производственного оборудования, то используют термин "общее локализованное освещение".

Общий индекс цветопередачи, R_a - величина, предназначенная для определения степени соответствия цвета объектов, освещенных исследуемым источником света, цвету этих объектов при эталонном освещении.

Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

Освещенность, E (люкс, лк; $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$) - плотность светового потока, падающего на какую-либо точку поверхности или отношение падающего на поверхность светового потока к площади освещаемой поверхности.

Отраженная блескость - характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего, определяющая снижение видимости вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности и вуалирующего действия, снижающего контраст между объектом и фоном.

Отсутствие естественного освещения - состояние естественного освещения в помещении, при котором величина КЕО менее 0,1% (отсутствие фонарей, световых проемов и др.).

Показатель дискомфорта, М - критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающий неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения; оценивается в относительных единицах.

Показатель ослепленности, Р - критерий оценки слепящего действия осветительной установки; оценивается в относительных единицах.

Поле зрения - поверхность или часть пространства, видимая из данной точки неподвижным глазом.

Прямая блескость - характеристика отражения светового потока, создаваемая в основном источниками света, осветительными приборами, а также яркостью окна (светового проема), создаваемой солнечными лучами, инсоляцией.

Рабочая поверхность - поверхность в пределах рабочего места, на которой производится зрительная работа, нормируются и измеряются параметры освещенности.

Световая отдача (источника света, ламп), лм/Вт - частное от деления испускаемого источником полного светового потока на полную мощность, потребляемую им.

Световой поток, лм (люмен) - световая мощность, излучаемая источником или принимаемая поверхностью.

Световой прибор - устройство, содержащее источник света (лампу) и светотехническую арматуру и предназначенное для освещения или световой сигнализации.

Сила света, кд (кандела) - световой поток, распространяющийся внутри телесного угла в заданном направлении.

Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Стробоскопический эффект - явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете, возникающее при совпадении кратности частотных характеристик движения объектов и изменения светового потока во времени в осветительных установках, выполненных газоразрядными источниками света, питаемыми переменным током.

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

[Цветовая температура](#) - температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого объекта.

Цветопередача - общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава, распределения источника света на зрительное восприятие цветности объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником света.

Яркость, L , кд/м² - поверхностная плотность светового потока, отнесенная к единице площади проекции светящей поверхности на плоскость, перпендикулярную заданному направлению.

Надо сказать, что в справочной, методической и другой литературе, кроме указанных выше, могут использоваться другие трактовки и определения. Так, под контрастом понимают различия восприятия двух составных частей поля зрения, например объекта и фона. Это субъективная оценка контраста, а для его объективной оценки используется специальная формула. Характеристики яркостного контраста и (или) цвета между объектом и фоном во многом определяют зрительное восприятие объекта в окружающем пространстве и зависят от ряда факторов.

Яркость также имеет другое определение: физическая величина, создающая ощущение светлоты, выраженная силой света в заданном направлении (обычно к наблюдателю), с единицы площади поверхности, которая сама светится за счет отражения или за счет пропускания света (ГОСТ ИСО 8995-2002). А освещенность определяют и как отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий данную точку, к площади этого элемента.

Для характеристик естественного освещения часто используется термин "второй свет".

Наряду с термином "расчетная поверхность" выделяют расчетную рабочую поверхность - условная горизонтальная поверхность, на которой рассчитывают среднюю освещенность при проектировании освещения (обычно выбирают ее на расстоянии 0,85 м от уровня пола).

Приведем и некоторые пояснения к определениям и терминам, касающихся светильников, световых приборов (далее - СП). Классификация световых приборов осуществляется по ряду признаков. К главным признакам относятся: основная светотехническая функция, характер светораспределения, условия эксплуатации, основное назначение светового прибора.

По основной светотехнической функции СП разделены на приборы для освещения (осветительные приборы) и приборы для световой сигнализации (светосигнальные приборы). Они могут также совмещать обе эти функции. По характеру распределения светового потока от ламп световые приборы разделяются на светильники (перераспределяют свет внутри больших телесных углов), прожекторы общего и специального назначения, перераспределяющие свет ламп внутри малых телесных углов (до 4?), проекторы (световой поток концентрируется на поверхности малого размера или в малом объеме).

По своему основному назначению светильники классифицируют: для промышленных и производственных зданий; для общественных зданий и жилых (бытовых) помещений; для наружного освещения; для подземных рудников и шахт; для кинематографических и телевизионных студий. По способу установки различают светильники стационарные (потолочные, настенные, встраиваемые, подвесные, пристраиваемые, венчающие, консольные, торцевые) и нестационарные (настольные, напольные, ручные, головные).

Светильники общего освещения предназначены для общего освещения помещений, зданий и открытых пространств, тогда как светильники местного освещения рассчитаны в основном на освещение рабочих поверхностей. Светильниками или световыми приборами комбинированного освещения называют приборы, создающие (поочередно или одновременно) как общее, так и местное освещение.

Основная характеристика условий световой среды - освещенность (отношение падающего на поверхность светового потока (измеряется специальной единицей - люмен) к величине площади этой поверхности. Уровень освещенности измеряют и оценивают специальной единицей люкс (лк). Например, максимальный уровень освещенности, установленный СНБ 2.04.05-98, для самых напряженных, точных или прецизионных зрительных работ составляет 5 000 лк. При наиболее высоком стоянии солнца уровни освещенности, создаваемые на поверхности земли, достигают 120 000-130 000 лк при мощности светового потока на каждый квадратный метр земной поверхности около 700 Вт. При стоянии солнца над горизонтом освещенность на поверхности земли составляет около 1 000 лк, тогда как, например, лунный свет дает освещаемость всего лишь менее 1 лк. Свет или видимое излучение проникает в кожу на глубину около 2 см и оказывает полезное влияние на целый ряд проходящих в организме биологических процессов. Не зря говорят: "Куда не заглядывает солнце, туда часто заглядывает врач".

На рабочих местах наиболее распространенных профессий, не требующих высокого напряжения со стороны органа зрения, нормируемые уровни освещенности составляют 150-250 лк. Напомним, что для зрительного восприятия основное значение придается не падающему световому потоку от источника света, а уровню яркости освещаемых объектов, которая отражается от освещаемой поверхности в направлении глаза. Иными словами, зрительное восприятие определяется не освещенностью, а яркостью как характеристикой светящихся тел, объектов, поверхностей. Яркость - основная световая величина, на которую реагирует зрительный анализатор, орган зрения. Определяется она плотностью силы света в направлении глаза. Основная единица измерения яркости - кандела на 1 кв. м (кд/м²); в литературе можно встретить и такие (в основном ранее используемые) единицы измерения яркости, как стильб (сокращенно сб) и нит (нт). Для характеристики восприятия яркости одного цвета по отношению к другому или яркости окружения используют термин светлота, который по существу является субъективным аналогом яркости.

Яркость освещенных поверхностей, в свою очередь, зависит от их световых свойств, степени освещенности и угла, под которым поверхность рассматривается.

Качество производственного освещения определяет ряд условий, в том числе равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней, ограничение прямой и отраженной блескости, уменьшение или устранение колебаний светового потока ("вибрации света"), степень неравномерности освещенности и др. Рассмотрим некоторые из них.

Учитывая, что сегодня при контроле за состоянием освещения не всегда уделяется должное внимание такому существенно влияющему на качество освещенности на рабочем месте показателю качества света, как блескость, приведем некоторые пояснения.

Чрезмерно слепящую яркость (блескость) рассматривают как свойство различных ярко светящихся поверхностей вызывать нарушения зрительных функций, условия комфортного зрения или ухудшать контрастную чувствительность. Различают прямую и отраженную блескость. Прямая блескость создается в основном светильниками, источниками света, осветительными приборами, а также яркостью окна (светового проема), создаваемой солнечными лучами, инсоляцией. Отраженная или вторичная блескость создается рабочими поверхностями, обладающими свойством зеркального отражения светового потока по направлению к глазу работника. Иначе говоря, блескость возникает тогда, когда яркость светильников или светового проема значительно превышает общую яркость поверхностей интерьера помещения или в результате отражения светового потока светильников или инсоляции от блестящих поверхностей.

Условно различают две формы блескости. Так, слепящая блескость нарушает и искажает видимость деталей или объектов, но не обязательно вызывает выраженные зрительные неудобства, тогда как дискомфортная блескость, напротив, проявляется в первую очередь неудобством, ощущаемым работником дискомфортом, а качество видимости рассматриваемых объектов чаще всего и не нарушается. Изменение нормального состояния зрительных функций, возникающее при наличии в поле зрения

блескости, ярких светящихся поверхностей, называется ослепленностью или слепимостью, что приводит к нарушению видимости, утомлению органа зрения, снижению работоспособности и т.п. Отметим, что показатель ослепленности подлежит контролю при обследовании и входит в число нормируемых показателей, установленных СНБ 2.04.05-98.

Приведем и мнение специалистов, которые считают, что больше проблем часто создает не слепящая, а дискомфортная блескость, при этом меры, принятые для устранения дискомфортной блескости (создаваемые светильниками, окнами), чаще всего достаточны и для сглаживания, устранения слепящей блескости.

Гигиенические требования к освещению рабочего места

Нормативные величины освещенности рабочих мест для разных видов работ и соответствующих зрительных нагрузок, в том числе количественные и качественные характеристики освещения, определяются СНБ 2.04.05-98.

"3.1. Нормируемые значения освещенности в настоящих нормах приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности (выделение наше) внутри помещения для разрядных источников света, кроме оговоренных случаев; для наружного освещения - для любых источников света".

Для пояснения укажем, что рабочая поверхность - основной объект при установлении регламентированных норм освещенности. Под рабочей поверхностью, как объекта для нормирования требуемых уровней освещенности, понимают поверхность рабочего стола, верстака, станка, части оборудования или изделия, на которой производится работа и для которой нормируется или на которой измеряется освещенность. По расположению рабочей поверхности выделяют горизонтальную (в СНБ 2.04.05-98 и других нормативных документах обозначается буквой "Г") и вертикальную (обозначается буквой "В") поверхности. Иногда выделяется и наклонное расположение рабочей поверхности.

Объектом различения считается рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, который требуется воспринимать глазом в процессе работы. Объектом различения могут быть, например, нить волокна, ткани, точка, линия, знак, пятно, трещина, риска и т.п. А поверхность, на которой находится и рассматривается требуемый объект различения, называют фоном.

Следует также обратить внимание на то, что из полученных результатов замеров освещенности на данной рабочей поверхности на соответствие нормам, указанным в СНБ 2.04.05-98, принимается минимальное значение освещенности. Кроме того, следует при оценке полученных результатов измерений учитывать требования п.6.9.

"6.9. Отношение максимальной и минимальной освещенности для работ I-II разрядов не должно превышать при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света - 1,5; для работ разрядов IV-VII - 1,5 и 2,0".

Приведем пример. На рабочем месте установлена норма освещенности 400 лк при выполнении зрительных работ II-го разряда и использовании для освещения люминесцентных ламп. При обследовании условий освещенности оказалось, что при средней освещенности (410 лк) минимальная освещенность на рабочей поверхности в

зоне А составила 370 лк, а максимальная (условная зона Б) - 490 лк. В данном случае устанавливаются факты несоблюдения норм по условиям световой среды. Во-первых, отношение максимальной освещенности к минимальной (коэффициент неравномерности) составило 1,32 и превысило допустимую норму, равную 1,3, хотя средняя освещенность на рабочем месте отвечает гигиеническим требованиям. Во-вторых, величина минимального значения (370 лк) на рабочей поверхности в зоне А также ниже требуемого регламента, равного 400 лк.

СНБ 2.04.05-98 (п.3.1, 5.2) также регламентируется выбор источников света.

"5.2. Общее (независимо от принятой системы освещения) искусственное освещение производственных помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться разрядными источниками света. Выбор источников света следует производить в соответствии с приложением Е настоящих норм. Применение ламп накаливания допускается в отдельных случаях, когда по условиям технологии, среды или требований оформления интерьера использование разрядных источников невозможно или нецелесообразно".

Таким образом, основным источником света как при проектировании, так и эксплуатации производственных помещений являются газоразрядные источники. В приложении Е (рекомендуемое) к СНБ 2.04.05-98 предложены примерные типы источников света в зависимости от разных видов производственной деятельности, систем принятого освещения (общее или комбинированное) и характеристик зрительной работы по требованиям к цветоразличению. Рекомендуемые типы светильников предлагаются с учетом требуемого уровня освещенности, индекса цветопередачи и диапазона показателя "цветовая температура источника света".

С учетом сказанного, рассмотрим основные источники света и их характеристики.

В зависимости от типа источника света выделяют светильники с лампами накаливания и газоразрядными лампами. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения и имеют ряд положительных характеристик, например таких, как простота в изготовлении и удобство в эксплуатации, так как они не требуют специальных электротехнических устройств при подключении к сети питания, а окружающая среда, в том числе повышенная или пониженная температура воздуха, практически не оказывает влияния на их работу. Различают вакуумные лампы накаливания, газонаполненные, зеркальные, биспиральные, галоидные, галогенные и др. Достаточно известны недостатки и отрицательные характеристики ламп накаливания: низкая светоотдача (менее 20 лм/Вт), небольшой срок эксплуатации (1-3 тыс. ч), превращение в световой поток только 5-15% потребляемой энергии. Кроме того, цветовая температура ламп накаливания, от которой зависит спектральный состав излучения, составляет 2 800-3 600 0К (градусов Кельвина), определяя его преимущественно красно-оранжево-желтый цвет, что часто ведет к искажению цветовосприятия. Поэтому такие лампы не используют при зрительных работах, требующих различения цветовых характеристик.

Газоразрядные ртутные лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления генерируют свет в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металла и по принципу люминесценции ("холодное свечение"), при этом различные виды энергии (химической, электрической) превращаются в световую, исключая стадию перехода в тепловую энергию. Преимуществами разрядных ламп, по сравнению с лампами накаливания, являются высокая световая отдача (в 2-5 раз выше, чем ламп накаливания), срок службы 5-15 тыс. ч. Учитывая высокую цветовую температуру, важнейшее преимущество разрядных ламп - возможность получения светового потока практически в любой части спектра. Недостатки газоразрядных ламп такие: необходимость специального пускорегулирующего устройства, длительное время разогрева (для некоторых ламп), пульсация светового потока, а также неустойчивая работа при температуре воздуха ниже нуля.

Лампы накаливания и газоразрядные лампы часто обозначаются в технической и другой

документации следующими символами: Н - лампы накаливания общего назначения; С - лампы-светильники; И - кварцевые галогенные (накаливания); Л - прямые трубчатые люминесцентные; Ф - фигурные люминесцентные лампы; Э - эритемные люминесцентные; Р - ртутные лампы типа ДРЛ; Г - ртутные типа ДРИ, ДРИШ; К - ксеноновые (не разрешается использовать внутри помещений, в том числе производственных).

Достаточно часто в литературе, в том числе справочной, используются и такие условные обозначения ламп и источников света: ГЛН - [галогенные лампы](#) накаливания; ГЛ (или ГРЛ) - газоразрядные лампы, ГЛВД - газоразрядные лампы высокого давления; ДРИ - металлогалогенные лампы высокого давления с излучающими добавками; ДРЛ - дуговые ртутные [люминесцентные лампы](#) высокого давления; МГЛ - [металлогалогенные лампы](#); ЛЛ - люминесцентные лампы; ЛБ - люминесцентные лампы белого света; ЛХБ - люминесцентные лампы холодного белого света; ЛТБ - люминесцентные лампы теплого белого света; ЛЕЦ - люминесцентные лампы естественного света с улучшенной цветопередачей; ЛД - люминесцентные лампы дневного света; ЛДЦ - люминесцентные лампы дневного света с улучшенной цветопередачей; КЛЛ - компактные люминесцентные лампы и др.

Качественное и экономное освещение рабочих мест невозможно без использования соответствующих светильников - источников света, заключенных в специальную осветительную арматуру. Основные функции электрического светильника - это правильное распределение (перераспределение) светового потока лампы и защита органа зрения от чрезмерной яркости источника света. Осветительная арматура светильника, кроме эстетического компонента, защищает источник света, лампу от механических повреждений, влияния вредных химических веществ, пылей, копоти, влаги. Арматура также предназначена для крепления светильника и подключения его к источнику питания. Разработано несколько классификаций светильников в зависимости от распределения светового потока. Так, светильники прямого света (П) более 80% светового потока направляют в нижнюю полусферу за счет внутренней отражающей эмалевой или полированной поверхности. Светильники преимущественно прямого света

(Н) в нижнюю полусферу направляют 60-80% светового потока, рассеянного света (Р) - 40-60%, преимущественно отраженного света (В) - 20-40%, а конструкция светильников отраженного света (О) в нижнюю полусферу направляет менее 20% всего светового потока, тогда как более 80% света распределяется вверх, на потолок, где он отражается и затем направляется в рабочую зону. С гигиенических позиций светильники отраженного света имеют ряд преимуществ (равномерность освещения, практическое отсутствие блескости). Однако в условиях производства они применяются редко, так как для них требуется высокий коэффициент отражения потолка и чистый воздух, что не всегда возможно для ряда производств.

В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащитные; по назначению светильники бывают местного и общего освещения. Излучаемый световой поток может по-разному распределяться в пространстве, и это распределение по отдельным направлениям характеризуется так называемыми кривыми силами света. По форме кривой распределения силы света в вертикальной плоскости светильники разделяют на семь классов, условно обозначаемыми в технической и иной документации буквами Д (косинусная), Л (полуширокая), Ш (широкая), М (равномерная), С (синусная), Г (глубокая) и К (концентрированная).

Соответствие применяемого типа ламп и светильников требованиям норм особенно важно при работах, связанных с высокими запросами к цветопередаче и цветоразличению. Следует иметь в виду возможную взаимозаменяемость ламп с учетом их цветопередачи, цветности излучения и световой отдачи. В помещениях, где выполняются работы с повышенными требованиями к цветоразличению, необходимо применение ламп одного типа в системе общего и комбинированного освещения, а используемые источники света должны иметь спектр излучения, близкий к естественному. Для определения степени соответствия цвета объектов, освещенных данным, исследуемым источником света, цвету этих же объектов, который освещается стандартным, эталонным источником, используется показатель "индекс цветопередачи", Ra. Этот показатель может достигать своего максимального значения, равного 100, когда спектральное распределение данного, изучаемого источника света и эталонного, стандартного источника является практически одинаковым. При выборе источника света по показателям цветопередачи также необходимо учитывать цветовую температуру

источника света (К) - температуру "черного тела" с излучением светового потока, наиболее близким к излучению рассматриваемого источника света. Эти показатели (индекс цветопередачи и цветовая температура) наряду с другой информацией (мощность, марка или модель светильника и т.д.) должны быть отражены в прилагаемой к светильникам документации. Отметим, что цвет - это неотъемлемая часть света, которая во многом определяет уровень зрительного восприятия, вид окружающего пространства, а для быстрого и точного распознавания различных объектов, деталей цвет - наиболее полезный и значимый фактор, при этом восприятие цветов улучшается при увеличении освещенности только в некоторых пределах. Важно, что цвета остаются и сохраняются в относительно постоянном соотношении при освещении, спектральный состав которого близок к естественному, дневному свету. Если спектральный состав сильно отличается от дневного, то меняется и зрительное восприятие цветового ощущения, а разные источники света могут улучшать или ухудшать способность работника различать цвета.

В соответствии с ГОСТ ИСО 8995-2002 для основных работ в производственных помещениях рекомендуются источники света с цветовой температурой, равной 3 300-5 300 ОК, а для повышенных уровней освещенности, при выполнении заданий по подбору цветов - свыше 5 300 ОК.

Особенности цветопередачи определяет еще один показатель - индекс цветопередачи, максимальное значение которого равно 100. Уменьшается он по мере того, как цветопередающие свойства лампы удаляются от соответствующих характеристик стандартного источника света. Так, согласно требованиям СНБ 2.04.05-98 для зрительных работ с контролем цвета и очень высокими требованиями к цветоразличению (подбор красок, контроль готовой продукции в легкой промышленности и др.) минимальный индекс цветопередачи источника света при системе общего освещения должен быть 90 Ra, при работах, связанных с необходимостью сравнения, сопоставления цветовых характеристик - 85 Ra. При выполнении работ по различению цветовых объектов при относительно невысоких требованиях к цветоразличению (сборка изделий в радиоэлектронной промышленности, прядение, намотка проводов и т.п.) индекс цветопередачи в зависимости от требуемых уровней освещенности должен быть 40-50 Ra; при работах, где требования к цветоразличению отсутствуют, индекс цветопередачи составляет при общем освещении

от 50 Ra (при освещенности 500 лк и выше) до 25 Ra, когда нормируемый уровень освещенности на данном рабочем месте менее 150 лк.

Согласно СНБ 2.04.05-98 зрительные работы в зависимости от размера рассматриваемого объекта, различаемой детали делятся на восемь разрядов (от I до VIII), а каждый из I-V и VIII разрядов еще разделен на четыре подразряда (обозначаются буквами а, б, в и г) с учетом контраста различения детали с фоном и коэффициента отражения фона.

Рассмотрим нормирование уровня освещенности по СНБ 2.04.05-98 на примере конкретного рабочего места с учетом условий выполняемой зрительной работы и характеристик освещенности. Размер детали составляет менее 0,15 мм, разряд - I, подразряд - а, контраст с фоном определен как "малый", сам фон как "темный", показатель ослепленности (P) равен 20 и коэффициент пульсации (M) - 10.

При этих условиях нормируемый показатель освещенности (условно обозначается E) должен быть равным 5 000 лк. Если показатель ослепленности (P) на рабочем месте не 20, а 10, то освещенность (E) уже должна быть равна 4 500 лк. И при тех же условиях, но при светлом фоне и контрасте, установленном как "средний", подразряд работы уже составит "г", а необходимые по СНБ 2.04.05-98 требования по освещенности на данном рабочем месте обеспечат 1 500 лк. Следовательно, только при изменении показателя ослепленности, фона и контраста уровень освещенности может быть снижен более, чем в три раза (с 5 000 лк до 1 500 лк), при том что размеры объекта остались прежними.

Таким образом, для каждого подразряда, вида работ устанавливаются определенные нормативные величины освещенности рабочих мест, понижающиеся, например, по мере облегчения зрительной работы (увеличение размера детали, увеличение контраста с фоном, увеличение коэффициента отражения и др.) или повышающиеся, когда зрительная нагрузка увеличивается.

Разряды зрительных работ установлены не только для производственных условий, но и для общественных, административно-бытовых зданий. Они так же, как и для производственных помещений, в зависимости от размера объекта различения разделены на восемь разрядов, обозначаемых в нормативной и технической документации буквами от А до З. Для разрядов А, Б, В, Ж и З выделены два подразряда, которые в нормативной и методической документации обозначаются цифрами 1 и 2.

В ряде случаев (повышенная зрительная нагрузка, особые условия производства, особенности возрастного состава работников) указанные в СНБ 2.04.05-98 величины освещенности следует повысить по специальной шкале на одну ступень. Например, это необходимо учитывать и выполнять в следующих случаях:

- при I-VI разрядах проводимых зрительных работ, когда время их выполнения составляет более 50% рабочей смены;

- при повышенной опасности производственного травматизма, когда указанные в СНБ 2.04.05-98 нормы составляют менее 150 лк;

- при выполнении работ на предприятиях пищевой, фармацевтической промышленности, когда нормы от общего освещения составляют менее 500 лк;

- при использовании труда подростков, если нормы от общего освещения менее 300 лк;

- при отсутствии в помещении естественного освещения и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения составляет 750 лк и менее;
- при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;
- когда более 50% работников находятся в возрасте старше 50 лет.

Повышение освещенности проводится только на одну ступень, даже если на рабочем месте выявлено несколько из указанных признаков (п.6.5 СНБ 2.04.05-98).

В указанных выше случаях нормируемые величины освещенности (лк), отличающиеся на одну ступень, следует принимать по следующей шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1 000; 1 250; 1 500; 2 000; 2 500; 3 000; 3 500; 4 000; 4 500 и 5 000 лк (п.3.1. СНБ 2.04.05-98).

Например, нормируемая величина освещенности на рабочем месте (общее освещение) составляет 200 лк, однако, по данным хронометражных наблюдений, суммарное время выполнения этой работы составляет свыше 60% времени рабочей смены. С учетом этого в соответствии с п.3.1. и 6.5 СНБ 2.04.05-98 освещенность на рабочем месте должна быть увеличена на одну ступень по шкале и составлять 300 лк.

Напротив, по приведенной шкале нормы освещенности можно снижать на одну ступень (п.6.6 СНБ 2.04.05-98), если выполняются работы IV-VI разрядов (по разряду зрительных работ) или оборудование не требует постоянного наблюдения.

В местах и зонах предприятий и организаций, где работы не проводятся, в проходах уровни освещенности должны составлять 25% от общей освещенности, но не менее 75

лк при использовании газоразрядных ламп и 30 лк при использовании ламп накаливания; при проектировании освещения в производственных помещениях можно применять и так называемое локализованное освещение, когда выделяются основные и вспомогательные рабочие зоны.

На рабочих местах, расположенных вне зданий и помещений, нормируемые уровни освещенности составляют от 2 до 50 лк с учетом разряда зрительной работы; нормируется и высота расположения осветительных установок вне зданий. Параметры яркости также нормируются (п.6.13 СНБ 2.04.05-98), и весь диапазон величин яркости для производственных условий составляет с учетом площади поверхности от 500 (площадь рабочей поверхности менее $1 \times 10^{-4} \text{ м}^2$) до 2 000 кд/м² (площадь рабочей поверхности более $1 \times 10^{-1} \text{ м}^2$).

"6.4. Для освещения производственных помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп. Для местного освещения кроме разрядных источников света рекомендуется использовать лампы накаливания, в том числе галогенные.

6.14. Коэффициент пульсации освещенности на рабочих поверхностях при питании источников света током частотой не менее 300 Гц не должен превышать значений, указанных в таблице 1. Коэффициент пульсации не ограничивается:

- при частоте питания 300 Гц и более;

- для помещений с периодическим пребыванием людей при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта. В помещениях, где возможно возникновение стробоскопического эффекта, необходимо включение соседних ламп в три фазы питающего тока или включение их в сеть с электронными пускорегулирующими аппаратами".

Итак, величина коэффициента пульсации ($K_p, \%$) не должна превышать 10% для работ наивысшей и очень высокой точности (I-II разряд), 15% - при работах высокой точности (III разряд). При работах IV-VII разрядов, а также VIII разряда (подразряд "а") коэффициент пульсации не должен превышать 20%. Отметим, что свет от любых ламп, питающихся от сети переменного тока, характеризуется периодическими колебаниями, не всегда заметными при использовании в качестве источников света обычных ламп накаливания (далее - ЛН) и люминесцентных ламп (далее - ЛЛ). Напротив, очень заметными являются периодические колебания в тех случаях, когда источник освещения - газоразрядные лампы (далее - ГРЛ). Такие колебания вызывают ощущение мерцания или стробоскопический эффект, а чаще и оба вместе. Периодические колебания частотой 100 Гц происходят быстро и редко могут быть замечены глазом, характерны они для ламп при питании переменным током (50 Гц). Иногда могут быть заметны колебания от люминесцентных ламп (могут восприниматься как мерцание) на краях ЛЛ, возле электродов. Надо сказать, что мерцание усиливается со старением, увеличением срока эксплуатации, износом ЛЛ. Мерцание светового потока ртутных ламп высокого давления, ГРЛ, металлогалогенных и натриевых ламп заметно в большей степени от ламп, конст руктивно размещенных в прозрачные колбы, чем для ламп в колбах с люминесцентными покрытиями.

Стробоскопический эффект - это кажущиеся неподвижность или изменение движения объекта, освещенного светом, периодически изменяющейся интенсивности с соответствующей частотой. Этот эффект (создается в основном вращающимися машинами и другими движущимися объектами) - выраженная помеха для нормальной зрительной работы, если стробоскопическое изображение появляется в зоне наблюдаемого объекта или на самом объекте наблюдения и требующего постоянного наблюдения. В этих ситуациях создается выраженный потенциальный риск, когда это касается вращающихся частей, например машины, и создается ложное впечатление малой скорости, неподвижности или даже вращения в противоположном направлении. В качестве мер профилактики используют систему освещения вращающихся деталей лампами накаливания (местное или локализованное освещение). Стробоскопический

эффект снижается распределением ламп на три фазы, использованием в ЛЛ двойных цепей с фазовым сдвигом; но наиболее эффективный способ снижения мерцаний и стробоскопических эффектов - питание ламп током высокой частоты.

Таким образом, технические регламенты и гигиенические нормы устанавливают порядок использования в качестве источников света и освещения различных ламп, но с учетом конкретных условий зрительной работы, необходимости обеспечения безопасности и эффективности труда.

Измерения и оценка параметров освещенности

Порядок и методики проведения измерений, исследований, а также последующая оценка полученных данных, характеризующих параметры световой среды, проводится в соответствии с требованиями, указанными в СНБ 2.04.05-98, ГОСТ 24940-96 "Здания и сооружения. Методы измерения освещенности", СанПиН 13-2-2007.

Конечно, СНБ 2.04.05-98 как основной документ в области нормирования параметров освещенности, устанавливающий требуемые для различных условий уровни освещенности, достаточно хорошо знаком специалистам. Однако вопросы правильного, корректного проведения измерений и последующей оценки полученных результатов, в том числе по СанПиН 13-2-2007, часто требуют дополнительных разъяснений. И необходимые ответы на возможные вопросы как раз и содержат МУ 11.11.12-2002.

Основное содержание МУ 11.11.12-2002 - это информация о том, как корректно выполнить измерения, проанализировать полученные данные, дать компетентную оценку уровням освещения. Первая глава (всего в документе семь глав и приложения) раскрывает общие положения и область применения документа; во второй главе приведены основные термины.

Методическими указаниями (третья глава) определены порядок и основные этапы выполнения исследований, измерений и оценки условий освещения рабочих мест.

"6. Измерения и оценка условий освещения включают следующие этапы:

- изучение документации, оценка соответствия светильников требованиям по защите от воздействия среды;

- обследование условий освещения и измерения его уровней;

- оформление результатов с проверкой соответствия показателей освещения нормам, установление класса условий труда по показателям освещенности рабочего места;

- анализ причин несоответствия условий освещения рабочих мест нормам и разработка мер по оптимизации условий освещения".

Фактически основная задача при работе с нормативной документацией заключается в определении требований к освещению исследуемых рабочих мест. При изучении документации на основе изучения и анализа особенностей выполнения технологического процесса определяются требования к освещению исследуемых

рабочих мест, на основе измерений размеров (или по документации) различаемых объектов или обрабатываемых деталей устанавливаются разряд и подразряд выполняемых зрительных работ, анализируется характеристика объекта различения, его линейный размер и расстояние до глаз работающего.

До начала измерений устанавливаются требования к освещению рабочих мест, в том числе к нормируемым показателям качества, определяемым коэффициентом пульсации освещенности, показателем ослепленности и ограничением отраженной блескости. Отдельно определяются нормы при использовании ламп накаливания, для помещений без естественного освещения или его недостаточности, требования к освещению характерных рабочих поверхностей (столы для ведения документации, шкалы измерительных приборов и т.д.) и плоскостей их расположения (горизонтальная, вертикальная или наклонная), в которых следует проводить измерения и последующее нормирование освещенности.

Требуемая на рабочей поверхности освещенность определяется с учетом размера объекта различения, контраста объекта с фоном, коэффициента отражения фона (степень так называемой светлоты поверхности, на которой различается объект).

Так, в соответствии с размером объекта (определяется в мм) устанавливается разряд зрительной работы. Если наименьший размер рассматриваемого объекта (обрабатываемого изделия) менее 0,15 мм, то выполняемая работа относится к работам наивысшей точности, а к грубым работам (очень малой точности; VI разряд) относятся работы с объектами, размер которых более 5 мм. Напомним, что наименьшие размеры

объектов различения и соответствующие им разряды зрительных работ установлены при расположении рассматриваемого (наблюдаемого) объекта различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работника. При иных условиях (увеличение расстояния до глаз работника, наличие протяженных объектов различения) разряд зрительной работы устанавливается с учетом приложений Б и В к СНБ 2.04.05-98. Размер объектов различения не учитывается, если выполняемые работы связаны только с общим наблюдением за ходом производственного, технологического процесса (VIII разряд).

Характеристики фона оцениваются с визуальным определением его коэффициента отражения (обозначается как "p") и выражаемого как "темный" (величина коэффициента p менее 0,2 относительных единиц), "средний" (при $0,2 < p < 0,4$), "светлый" при величине коэффициента отражения более 0,4 относительных единиц.

Например, если величина "p" для таких материалов и поверхностей, как мрамор, черный гранит, красный кирпич равна 0,08-0,10, то условный коэффициент отражения (p) белой фаянсовой плитки, поверхностей, окрашенных белой краской, цинковыми белилами, составляет 0,7 и выше относительных единиц. Для снежного покрова этот показатель равен 0,9, а для белой бумаги - 0,7 относительных единиц. Другие примеры и величины условного коэффициента отражения (?) для некоторых видов материалов, красок приведены в таблице 21.

[Продолжение статьи](#)

Освещенность рабочих мест: современные подходы к измерениям и оценке

Добавил(а) designrules

23.05.10 17:24 - Последнее обновление 09.08.10 00:18