

## Введение

Практика показывает, что существует взаимозависимость между успешной учебной деятельностью и состоянием здоровья школьников и состоянием окружающей среды в школе, поэтому хорошие условия для обучения – это инвестиции в будущее.

Искусственное освещение школьных зданий имеет большое значение для правильной постановки и проведения учебного процесса, создания комфортных условий для выполнения сложных зрительных задач и в деле эффективного использования электроэнергии, расходуемой на освещение.

Одним из главных при этом является вопрос гигиены зрения, поскольку в Казахстане сложилось крайне неблагоприятное положение с состоянием зрения детей и юношества.

Известны статистические данные, в соответствии с которыми 22–25% молодых людей заканчивают школу с дефектами зрения, при этом патология возрастает за период обучения в 2,4–2,5 раза. Прежде всего – это появление и развитие близорукости (миопии). В числе причин близорукости серьезным считается недостаток дневного света и искусственного освещения. Подтверждением этого является зависимость частоты общей близорукости школьников от района проживания. Например, по результатам исследований, проводимых в России с 1978 по 1982 гг., на севере близорукость была выявлена у 11–39% школьников, на юге – у 5–8%. Ученые объясняют распространенность миопии в северных районах рядом причин, главная из которых – особенности светового режима, в том числе неудовлетворительное освещение школ. Известно, что недостаточное или некачественное освещение способствует развитию близорукости из-за вынужденной позы, приближающей глаза к рассматриваемым объектам при чтении, письме, рисовании, для увеличения угловых размеров рассматриваемых объектов. Именно поэтому особенно высоки требования к оздоравливающему воздействию света в период роста

организма, когда вырабатываются зрительные навыки и продолжается рост глаза, формируется оптическая рефракция глаз, заканчивающиеся у детей в разных климатических условиях и в разных этнических группах населения лишь к 18–24 годам.

Обследования состояния освещения нескольких школ Акмолинской области, проведенные экспертами проекта ПРООН/ГЭФ «Продвижение энергоэффективного освещения в Казахстане» в 2012–2013 гг., показали неблагоприятные условия освещения школ. Так, в обследованных школах освещенность на досках составляет 70–180 люкс (единица измерения освещенности, далее «лк») при норме 500 лк, в классах на рабочих местах освещенность составляет от 60–90 лк до 230–280 лк при норме 300 лк. Несмотря на то, что согласно утвержденным в 2003 г. нормативным документам запрещается использовать в одном помещении лампы накаливания и люминесцентные лампы, такое совместное применение до сих пор используется во многих школах. Также используются давно устаревшие неэффективные светильники, из-за чего перерасход электроэнергии в школах зачастую составляет до 35–40%, что свидетельствует о значительных резервах экономии.

Таким образом, возникает серьезная необходимость обеспечить правильное освещение школ, которое означает соблюдение основных требований к освещению при применении новых современных технологий.

## **Основные требования к освещению**

Требования к освещению содержат гигиенический, экологический и энергетический аспекты. Кроме того, условия освещения должны быть комфортны.

Гигиенический аспект включает нормирование основных параметров освещения, обеспечивающих зрительную работоспособность при минимальном утомлении. Энергетический и экологический аспекты заключаются в использовании наиболее энергоэффективных источников света и применении способов и средств управления освещением, обеспечивающих меньшее энергопотребление. Это,

в свою очередь, позволяет снизить выбросы в атмосферу вредных веществ и уменьшить тем самым загрязнение окружающей среды. Стоит отметить, что проблема сохранения окружающей среды уже входит в программу школьного обучения, поэтому его некоторые практические светотехнические стороны (например, необходимость отключения неиспользуемого освещения), привитые с детства, могут в какой-то мере повлиять на будущее человеческой цивилизации. Обобщающей и накладывающей фоновое влияние на все нормируемые характеристики освещения является комфортность освещения, делающая благоприятным восприятие световой среды.

Конкретные величины рекомендуемых параметров освещения зависят от многих факторов: характера и назначения помещения, вида, сложности и длительности выполняемой в них зрительной работы.

Согласно современной концепции системы общего образования, школа выполняет социальную функцию центра учебно-воспитательной работы в жилой среде и в оптимальном варианте трактуется как школа полного дня, в которой учащиеся будут получать образование, выполнять уроки, заниматься спортом в различных кружках и студиях, отдыхать, питаться. Для управления, организации, проведения и контроля учебно-воспитательного процесса предусматривается широкое применение технических средств обучения.

В этой связи архитектурно планировочные решения и инженерные устройства зданий, а также технологическое оборудование должны соответствовать требованиям учебного процесса, а специалисты, занимающиеся проектированием современного освещения школ, должны обладать всей совокупностью знаний техники освещения.

Исходными документами при проектировании являются санитарные и строительные нормы, существенно приближенные к международным.

## Показатели освещения

Основной характеристикой освещения является *освещенность на рабочей поверхности*, причем, согласно отечественным документам – минимальная освещенность. Нормируемые значения освещенности устанавливаются в зависимости от точности и сложности зрительной работы и по уровням утомления, оцениваемым приближенно по доле времени чисто зрительной работы при направлении линии зрения на рабочую поверхность. Для чтения и письма на рабочих местах (партах) нормируется 300 лк, для черчения и рисования – 500 лк, освещенность на доске – 500 лк. Освещенность может быть плоскостной (*горизонтальной, вертикальной*) и пространственной (*цилиндрической*).

*Коэффициент запаса.* Нормируемые значения являются величинами, ниже которых освещенность не должна быть за все время эксплуатации оборудования. Поэтому вводится коэффициент запаса, значение которого для школьных помещений с нормальными условиями среды принимается равным 1,4 и на который увеличиваются нормируемые значения.

*Неравномерность освещенности.* Освещенность определяется в пределах так называемой рабочей зоны, при этом, во избежание перепадов яркости в поле зрения, нормируется освещенность в зоне непосредственного окружения, которая, как правило, имеет меньшее значение.

*Ограничение блескости.* Мешающим зрению побочным действием являются прямая и отраженная блескость, возникающая за счет большого контраста между очень светлыми и очень темными поверхностями или при взгляде на светящиеся предметы. Ограничение прямой блескости выполняется обобщенным показателем дискомфорта «UGR» (Unified Glare Rating), принятым в международной практике и учитывающим совокупное действие всех светильников в помещении. Нормируемые значения «UGR» для школьных помещений разного назначения составляют 14–25.

*Тенеобразование.* Для восприятия объемных объектов, определения их структуры необходимо правильное сочетание света и тени, что достигается определенным соотношением горизонтальной и цилиндрической освещенностей. Оптимальное соотношение  $E_{г} / E_{ц} = 1,6-3,0$ .

*Спектральный состав излучения источников света.* Для обеспечения психофизиологического комфорта в помещениях выбор источников света осуществляется по их цветовым характеристикам: цветовой температуре  $T_{ц}$  и индексу цветопередачи  $R_a$ . Для классов, помещений, где дети общаются между собой (столовые, игровые комнаты, спортзалы) и где очень важно правильное восприятие лица и рук, рекомендованы источники света с  $T_{ц} = 3000-4500$  К (тепло-белые и белые) при индексе цветопередачи  $R_a > 80$ . В кабинетах рисования следует применять источники света с  $T_{ц}$  не менее 5000 К.

*Ограничение пульсации светового потока.* Световой поток разрядных источников света при питании током промышленной частоты пульсирует с частотой 100 Гц. Не воспринимаемая зрительно, пульсация отрицательно влияет на биологическую активность мозга. Может появиться напряжение в глазах, усталость и головная боль. Количественной характеристикой пульсации принят коэффициент пульсации, значение которого для большинства школьных помещений не должно превышать 10%, а в помещениях, где учащиеся работают с компьютерами – 5%. Основной мерой предотвращения пульсации является преобразование тока питания ламп в высоко частотный, т.е. применение электронных аппаратов.

Нормируемые характеристики освещения для отдельных школьных помещений приведены в нормативных документах [1-6].

## Показатели энергопотребления

Особое внимание при проектировании школьных помещений должно быть обращено на энергоэффективность осветительных установок. Основными параметрами, используемыми при контроле за энергоэффективностью искусственного освещения, являются удельная мощность, необходимая для обеспечения освещенности в 100 лк ( $\text{Вт/м}^2 / 100 \text{ лк}$ ) и световая отдача используемых источников света ( $\text{лм/Вт}$ ). Максимально допустимые значения, зависящие от нормируемого уровня освещенности и индекса помещения, для основных школьных помещений составляют по отечественным нормам 25–35, по международным значительно меньше – 17–25  $\text{Вт/м}^2$ .

Световая отдача источников света, применяемых для внутреннего освещения, должна быть не менее 70  $\text{лм/Вт}$ .

Достижение оптимальных энергетических показателей освещения, а следовательно, повышение энергоэффективности осветительных установок школ при улучшении экологической обстановки возможно при использовании современных источников света и светильников, а также систем управления освещением.

## Источники света

В осветительных установках основных помещений школ следует применять *люминесцентные лампы с трехполосным люминофором*, имеющие высокую световую отдачу (75–100  $\text{лм/Вт}$ ), хорошую цветопередачу ( $R_a = 80\text{--}90$ ) и большой срок службы (16–20 тыс. часов). Самыми эффективными являются лампы типа T5 с диаметром трубки 16 мм, которые могут работать только с электронным ПРА, что полностью устраняет пульсации светового потока. Во вспомогательных помещениях целесообразно использовать *компактные люминесцентные лампы*, имеющие достаточно высокую световую отдачу (55–75  $\text{лм/Вт}$ ), хорошую цветопередачу ( $R_a = 80\text{--}90$ ) и большой срок службы (8–12 тыс. часов). Все более применимым становится самый прогрессивный источник света – *светодиод*. Благодаря сво-

ей экологичности (отсутствию ртути), высокому сроку службы (до 50 тыс. часов), ударопрочности, отсутствию ультрафиолетового и инфракрасного излучения, использование его в обозримом будущем весьма перспективно, особенно для местного и акцентирующего освещения, освещения актовых залов и эстрад, а также вспомогательных труднодоступных помещений. Возможно также применение других современных источников света.

## **Системы управления освещением**

Системы управления освещением обеспечивают дополнительные возможности для экономии электроэнергии. Светорегулирование делает осветительные установки эффективнее и экономичнее, лампы и светильники могут оптимально управляться и обслуживаться, достигается наивысший световой комфорт. Системы управления освещением с датчиками присутствия автоматически выключают освещение, когда помещение пустует, и включают при появлении людей. Системы управления освещением с датчиками освещенности, автоматически изменяющие долю искусственного света в зависимости от уровня естественного, а также жалюзи, направляющие дневной свет в помещение, создают большой дополнительный потенциал экономии для школ и других учебных заведений.

Так, при установке датчиков присутствия и датчиков освещенности, регулирующих уровень освещения с учетом интенсивности естественного света, суммарная экономия электроэнергии может составить до 65%.

## Рекомендации по устройству освещения отдельных помещений

**Классные комнаты.** В основном в Казахстане в классных комнатах фиксировано расположение рабочих мест – парт, столов. Главное направление линии зрения – на классную доску, столы ориентированы в линии, вдоль оконных проемов. Поскольку преподаватели и учащиеся взаимодействуют друг с другом, необходимы достаточные вертикальная и горизонтальная освещенности, высокая комфортность освещения (основные требования к освещению приведены в нормативных документах [1-6]). Применяется система общего освещения (300 лк). Для общего освещения рекомендуются светильники рассеянного света и преимущественно прямого света с люминесцентными лампам (рис. 1, а б).



а)



б)

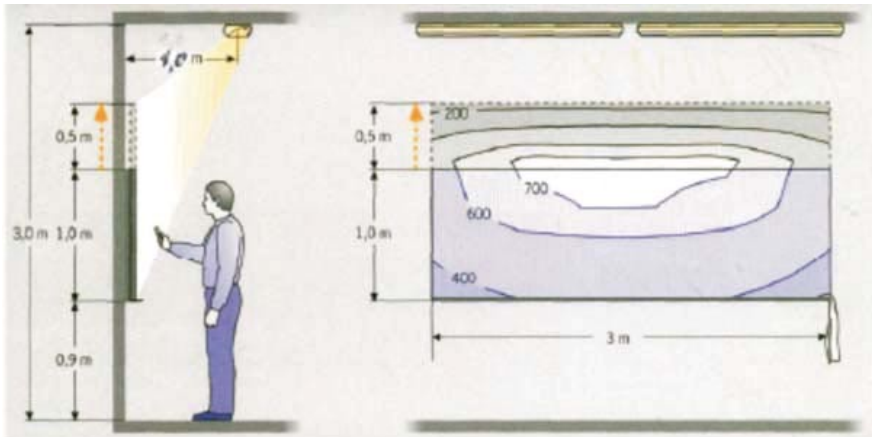
*Рис. 1. Освещение класса подвесными светильниками с ЛЛ:  
а – стыкуемые в линию ЛЛ; б – на осветительном шинопроводе;*





в)

*в – освещенность у классной доски должна быть 500 лк*



г)

*г – освещение классной доски зеркальными несимметричными (в поперечной плоскости) светильниками с ЛЛ*

Особого внимания требует освещение доски (500 лк). Рекомендуются светильники с ЛЛ с несимметричной кривой силы света в поперечной плоскости, которые устанавливаются в линию параллельно плоскости доски. Возможны иные способы освещения: светильники прямого света, установленные наклонно. В любом случае для равномерного освещения необходимо взаимоувязывать высоту установки светильника с его расстоянием от плоскости доски (рис. 1, г). Интерактивные доски, все чаще используемые в школах, не требуют специальной подсветки.

В классных комнатах обычно много дневного света. Для снижения энергопотребления следует использовать системы управления освещением, чаще всего это светильники с датчиками освещенности, которые позволяют включать светильники и регулировать поток света в зависимости от удаленности от окон и уровня естественной освещенности. Для освещения демонстрационного материала, расположенного на стенах, используются светильники акцентирующего освещения, которые не только выделяют экспозиционную плоскость, но и создают определенную насыщенность помещений светом.

*Кабинеты информатики и вычислительной техники.* Стремительная компьютеризация казахстанских школ, оборудование специальных классов требуют отдельно проектировать их освещение, поскольку требования к нему серьезно отличаются от требований к освещению обычных классов. В специальных нормах [1-6] изложены гигиенические требования, которые определяют не только традиционные характеристики, но и устанавливают предельно допустимые яркости светильников, которые могут отражаться на экране компьютеров (табл. 1). Большого внимания требует устранение прямой и отраженной блескости, которое достигается соблюдением следующих правил: светильники прямого света следует располагать сбоку от рабочих мест с компьютерами, либо применять светильники отраженного света, установленные непосредственно над рабочим местом (рис. 4).

Возможно использование комбинированного освещения, тогда для местного освещения стола с бумажным носителем следует применять светильники с непрозрачным отражателем с защитным углом не менее 40 град.

**Предельно допустимые яркости светильников  
при работе с различными дисплеями**

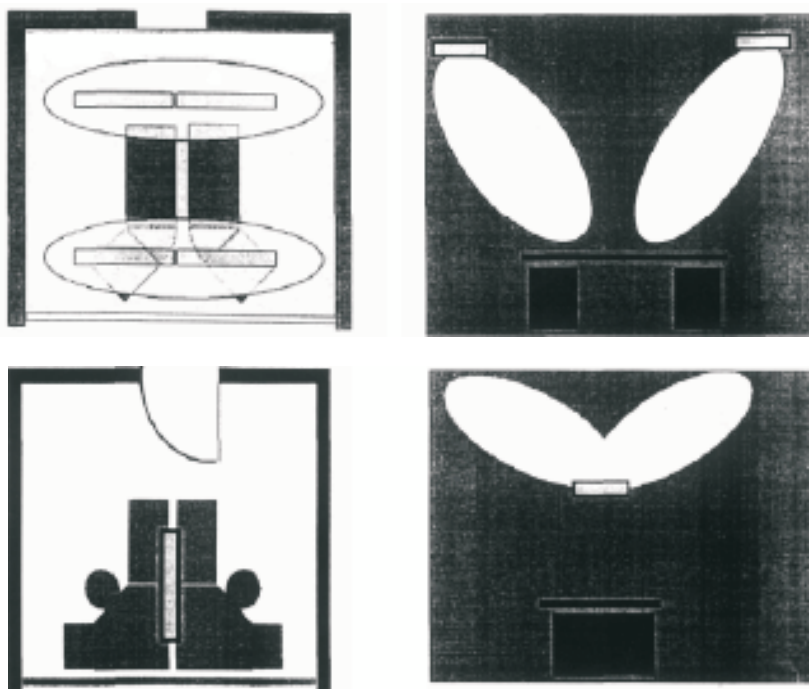
Классы дисплеев по JSO	I	II	III
Качество дисплеев	Хорошее	Среднее	Плохое
Предельно допустимая средняя яркость светильников	$< 1000 \text{ кд/м}^2$		$< 200 \text{ кд/м}^2$



*Рис. 3. Требования к освещению компьютерных классов и кабинетов информатики серьезно отличаются от требований к освещению обычных классов*

*Кабинеты технического черчения и рисования.* Высокая точность зрительных работ устанавливает повышенные требования к освещенности – 500 лк. Особое внимание следует уделить правильной цветопередаче, поэтому необходимо использовать только те источники света, которые имеют  $T_{ц} = 5000 \text{ } 6000 \text{ К}$  и  $R_a > 80$ . Применяется система общего освещения со светильниками того же типа, что для классных комнат.

*Мастерские по обработке металлов и древесины.* Должна обеспечиваться хорошая видимость в рабочей зоне, что достигается высокими уровнями освещенности при системе комбинированного освещения. Следует избегать больших бликов и контрастов, резкие тени особенно недопустимы там, где применяются опасные инструменты. При работе с вращающимися деталями для избежания стробоскопического эффекта следует использовать светильники с электронными аппаратами. Все рекомендуемые характеристики даны в [6].



*Рис. 4. Примеры расположения светильников:  
Сверху – светильники с зеркальной решеткой 1 ' 58 Вт, прямого света,  
четыре светильника справа и слева от рабочего места;  
снизу – светильники отраженного света 2 ' 55 висят непосредственно  
над рабочим местом*

*Библиотеки.* Поскольку компьютеры вытесняют классические картотеки, основу составляют требования к освещению рабочих мест, оборудованных видеотерминалами. Кроме общих характеристик освещения, приведенных в [6], особое внимание следует обратить на дополнительное освещение книжных стеллажей, создав достаточные уровни вертикальной освещенности светильниками, устанавливаемыми по оси каждого прохода между стеллажами (рис. 5).

*Актзовые залы* обычно используются для различных целей и мероприятий, поэтому необходимо предусмотреть системы управления освещением и отдельное освещение сцены. Высокая вертикальная освещенность на сцене позволяет лучше видеть докладчика. Общее освещение (200 лк), как правило, выполняется рядами светильников с люминесцентными лампами, возможно использование компактных люминесцентных ламп и галогенных ламп накаливания, встраиваемых в подвесные потолки (рис. 6), а также устройство отраженного света. Кроме того, если в помещении могут одновременно находиться более 100 учащихся, должны устанавливаться световые указатели на выходах, присоединенные к сети эвакуационного освещения.

*Спортивные залы.* Основная задача освещения заключается в создании безопасного, хорошо освещенного пространства с достаточным уровнем вертикальной освещенности и минимальными бликами. Используются светильники с люминесцентными лампами, устанавливаемые на потолке вдоль боковых стен или наклонно по боковым стенам. Светильники закрываются металлическими решетками для защиты от удара мяча. На полу нормируется освещенность 200 лк. (рис. 7)



*Рис. 5. Пример освещения хранилища книг в библиотеке*



*Рис. 6. Пример освещения актового зала*



*Рис. 7. Пример освещения спортивного зала*

*В крытых бассейнах* используются светильники прямого или преимущественно прямого света. Как правило, их устанавливают на потолке или на стенах над боковыми проходами, что облегчает обслуживание. В бассейнах и спортзалах часто целесообразно устройство отраженного света (со стен на потолок).

*Кабинеты и комнаты преподавателей.* Учительские, кабинеты директора, секретариат – это рабочие помещения многофункционального назначения (освещенность 300 лк). Освещение отдельных рабочих мест преподавателей, часто оснащенных компьютерами, должно быть выполнено в соответствии с требованиями, обеспечивающими отсутствие бликов на экранах. В зоне переговоров, общения, должны использоваться светильники, создающие достаточную цилиндрическую освещенность (рис. 8).

*Рекреации, лестницы.* Хорошо освещенный коридор и светлые лестницы создают ощущение уверенности и безопасности, не допускают травматизма. Целесообразны светлые потолки и стены. Современные светодиодные знаки, встроенные в лестничные ступени, или светильники, встроенные в стены для освещения ступенек, повышают безопасность. При направлении взгляда вверх или вниз не должны быть видны открытые источники света. Необходимо предусмотреть эвакуационное освещение. Пример освещения рекреации приведен на рис. 9.

*Наружное освещение территорий при школе.* Для предотвращения несчастных случаев окружающее школы пространство должно быть хорошо освещено, а светильники должны быть архитектурно совместимыми со зданием и ландшафтом. В целях экономии электроэнергии в наружном освещении целесообразно использовать системы регулирования яркости или выборочное отключение некоторых светильников в ночное время. Освещение фасада способствует защите зданий школы от вандализма и взломов. Пример наружного освещения приведен на рис. 10.



*Рис. 8. Освещение помещения для учителей*





*Рис. 9. Освещение рекреации  
(Фирма Thorn)*



*Рис. 10. Наружное освещение школы*

## Заключение

В настоящее время имеются все предпосылки для проектирования осветительных установок школьных зданий Казахстана на современном научно-техническом уровне. Разрабатываются и утверждаются санитарные и строительные нормы, законодательно устанавливающие параметры освещения, обеспечивающие необходимые с точки зрения гигиены зрения детей и подростков условия освещения.

Современные типы ламп и светильников позволяют экономить энергию при одновременном улучшении качества освещения. Электронные аппараты включения снижают потери мощности, исключают пульсации светового потока. Современные отражающие материалы, применяемые в светильниках, повышают их коэффициент полезного действия и улучшают качество экранирования источников света.

Датчики освещённости позволяют автоматически регулировать долю искусственного света в соответствии с изменениями естественного света, а датчики присутствия выключают освещение в пустом помещении. Все это снижает энергопотребление, улучшая тем самым экологию.

Однако при строительстве новых школьных зданий и тем более реконструкции старых роль освещения очень часто недооценивается. В данной брошюре была сделана попытка преодоления стереотипов, в результате чего, возможно, будет осуществлен вклад, как в сохранение здоровья нации, так и в глобальную проблему энергосбережения и сохранения окружающей среды.

## Нормативные документы

1. СП «Санитарно-эпидемиологические требования к объектам воспитания и образования детей и подростков». Утверждены Постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2011 года № 1684, введена следующая норма «Для искусственного освещения используют люминесцентные лампы, лампы накаливания и энергосберегающие».

2. СанПиН «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и условиям обучения в общеобразовательных и интернатных организациях». Утверждены приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан 25 июля 2003 года № 570

3. СН РК 3.02-01-2007 «Здания интернатных организаций»

4. СанПиН № 1.01.004.01 «Гигиенические требования к организации и условиям работы с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами». Приказ Минздрава РК от 25 октября 2010 года № 834.

5. СН 22-01-2011 «Строительная климатология» (взамен СН 2.04.01-97 и СНиП 23.01-99)

6. СН РК 2.04-XX-2011 (взамен СНиП РК 2.04-05-2002) «Естественное и искусственное освещение» (проект)

## Литература

1. Современное освещение школ. Московский дом света. Федюкина Г.В. под общей редакцией проф. Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2011

2. Справочная книга по светотехнике. Под редакцией проф. Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак, 2006.

3. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 2002.

4. Брошюра немецкого Общества светотехников (FGL) «Хорошее освещение учебных заведений». № 2. М.: Знак, 2007.

