

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Физики высоких технологий  
Направление подготовки 12.04.02 Опотехника  
Кафедра Лазерной и световой техники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Разработка мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности осветительной установки.

УДК 628.93:621.383.52:620.9:658

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы		01.06.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЛиСТ	Коржнева Татьяна Геннадьевна			01.06.2016

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры менеджмент	Гаврикова Надежда Александровна			30.08.16

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова Ольга Сергеевна			30.08.16

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
лазерной и световой техники	Яковлев Алексей Николаевич	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
Р3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
Р5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
Р6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать



	правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий (ИФВТ)  
 Направление подготовки (специальность): 12.04.02 Оптотехника  
 Кафедра Лазерной и световой техники (ЛИСТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Яковлев А.Н.

(Подпись, дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерская диссертация

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы

Тема работы:

Разработка мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности осветительной установки

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.02.2015 №1259/с

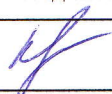
**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: Осветительная установка здания СОШ №32, г. Томска
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки по вопросам: Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного освещения помещений; Энергоэффективные технологии в освещении; Энергоаудит как инструмент энергосбережения. Проектирование реконструкции установки искусственного освещения СОШ №32, г. Томска. Обсуждение результатов выполненной работы 1 раз в месяц.
<b>Перечень графического материала</b>	Светотехнический раздел проекта. План установки искусственного освещения помещений здания СОШ №32, г. Томска и график значений освещённости. Электротехнический раздел. Трассировка групповых кабельных линий, расчет однолинейной схемы, спецификация оборудования. Принципиальная схема управления осветительной установкой на основе САУ.


Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гаврикова Н.А., ст. преподаватель каф. менеджмента ИСГТ
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Ботова А.Л., ст. преподаватель каф. иностранных языков ФТИ
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Глава 1. Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного освещения помещений.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.09.2014г
--	-------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЛиСТ	Коржнева Т. Г.			29.04.2014г

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Тынышбаева К.М..		29.04.2014г



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-  
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4BM4A	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	12.04.02 Оптехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**


1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет капитальных вложений при использовании традиционных источников  Расчет эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

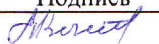
1. Капитальные вложения модернизации
2. Эксплуатационные затраты рассматриваемых вариантов
3. Показатели экономической эффективности вариантов

Дата выдачи задания по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Гаврикова Надежда Александровна			2.03.16

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM4A	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы		2.03.16

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	12.04.02 Оптотехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим помещением является аудитория №248 расположенная на втором этаже 16В корпуса ТПУ (ул. Тимакова 12).
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

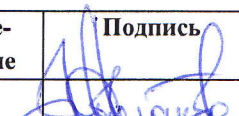
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>Условия труда работающих характеризуются возможностью воздействия на них следующих вредных производственных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенный уровень шума;</li> <li>- недостаточной освещенности;</li> <li>- электромагнитные излучения;</li> <li>- неблагоприятные условия микроклимата.</li> </ul> <p>К опасным факторам относится:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электрический ток.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу</li> </ul>	<p>Материалы и оборудование, используемые при исследованиях, являются экологически безопасными, без отходов и выбросов.</p>



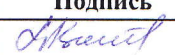
(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные ЧС на объекте: короткое замыкание электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Расстояния между рабочими зонами, параметры освещения и микроклимата соответствуют нормам. Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям международных стандартов в области охраны труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Кырмакова Ольга Сергеевна			16.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Тынышбаева Кымбат Муратжанкызы		16.03.16



## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 118 страниц, 19 рисунков, 21 таблиц, 27 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоаудит, энергосбережения, освещение школы, светодиодные источники света, осветительная установка.

*Объектом исследования является энергетическое состояние школы.*

*Целью данной работы является выявление потенциала экономии электроэнергии в осветительных сетях и способов его реализации за счет эффективного использования источников искусственного света и обеспечения комфортной световой среды.*

*Полученные результаты.* Произведены светотехнические расчеты и моделирование типовых решений по освещению школ, произведены электротехнические расчеты типовых решений.

*Научная новизна исследования заключается:*

–теоретически установлена целесообразность и эффективность совершенствования осветительных установок для освещения школьных учреждений с применением светодиодных ламп, обеспечивающих экономию электроэнергии и комфортную световую среду;

–светотехнические расчёты проведены на базе компьютерной программы, – что позволило определить освещённость, а также проанализировать распределение освещенности по всей освещаемой поверхности;

–произведен расчет экономической целесообразности предлагаемых мероприятий по повышению энергетической эффективности реконструируемой осветительной установки по результатам энергетического обследования объекта исследования.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, программном комплексе DIALux 4.12.

## Обозначения и сокращения

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ИС – источник света;

КЕО – коэффициент естественного освещения;

КЛЛ – компактная люминесцентная лампа;

ЛЛ – люминесцентная лампа;

ОУ – осветительная установка;

СД – светодиод;

ТП – трансформаторная подстанция;

ЧДД – чистый дисконтированный доход;

ПУЭ – правил устройства электроустановок;

ЭЭ – электрическая энергия;

ЭПРА – электронная пускорегулирующая аппарат;

ЭмПРА – электромагнитная пускорегулирующая аппаратура;

ПРА – пускорегулирующий аппарат;

ТЭР – топливно-энергетический ресурс;

$P_i$  – мощность осветительной установки, Вт;

$K_{пра}$  – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре в осветительных приборах;

$P_{л}$  – мощность лампы, Вт;

$W_{г}$  – суммарное годовое потребление электроэнергии (кВт·ч);

$T_{гi}$  – годовое число часов работы;

$k_{иi}$  – коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ;

$N$  – световая отдача предлагаемого к установке источника света, лм/Вт.



## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного освещения помещений.....	6
1.1 Свет и здоровье.....	6
1.2. Краткая характеристика архитектурно-строительных решений и основных помещений .....	14
1.3. Нормы освещенности и качественные показатели осветительной установки.....	19
1.4.Выводы по главе 1 .....	22
Глава 2. Энергоэффективные технологии в освещений .....	24
2.1.Проблемы энергосбережения и экологии.....	24
2.2.Эффективность использования электроэнергии для освещения .....	27
2.3.Средства и методы снижения энергоемкости осветительной установки .	29
2.4.Выводы по главе 2.....	37
Глава 3. Энергоаудит как инструмент энергосбережения .....	39
3.1. Энергоаудит осветительных установок .....	39
3.2. Основные сведения об учреждении .....	40
3.4. Потенциал экономии ЭЭ в ОУ. Рекомендации по реконструкции ОУ. ...	48
3.5.Выводы по главе 3 .....	49
Глава 4. Проект реконструкции установки искусственного освещения средняя общеобразовательная школа №32, г. Томска .....	50
4.1. Объект исследования .....	50
4.2 Освещение мест общего пользования.....	50
4.3.Освещение учебных классов и аудиторий .....	52
4.4.Моделирование системы освещение учебных классов с использованием светодиодных светильников. ....	54
4.5 Электрический расчет осветительной сети .....	59
Глава 5. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	62
Введение.....	62

5.1. Анализ энергопотребления и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения .....	62
5.2. Требования к светильникам для модернизации системы освещения.....	64
5.3. Расчет экономии электроэнергии. ....	65
5.4. Расчет затрат. ....	67
5.5. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное в год для одного светильника .....	68
5.6. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное для типовой школы .....	69
Глава 6. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» .....	71
Введение.....	71
6.1. Техногенная безопасность.....	71
6.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	71
6.2 Анализ опасных факторов производственной среды .....	79
6.3. Экологическая безопасность.....	81
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	82
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
Заключение .....	86
Список использованной литературы.....	88



## **Введение**

**Актуальность работы.** Искусственное освещение школьных зданий имеет важнейшее значение в правильной постановке и проведении учебного процесса и создании комфортных условий для выполнения сложных зрительных задач учащимися и преподавателями. Вместе с чисто функциональными задачами искусственное освещение многих помещений школьных зданий должно способствовать повышению архитектурно-художественной выразительности интерьера[5]. Можно с определенностью утверждать, что в современном школьном здании искусственное освещение является одним из основных средств, обеспечивающих необходимое эстетическое впечатление от принятых архитектурных решений. При проектировании искусственного освещения специалистам – светотехникам совместно с медиками приходится решать сложные комплексные задачи в области гигиены зрения школьников[5].

Специальными исследованиями установлено ослабление зрения школьников от класса к классу, прежде всего – появление и развитие близорукости. Установлено также, что понижение остроты зрения от первого и пятому уроку наблюдается у 13% учащихся с нормальным зрением и у 30% учащихся, страдающих близорукостью, которые утомляются значительно быстрее, чем школьники с нормальным зрением, причем этот процесс усугубляется при пониженной освещенности. Не останавливаясь здесь детально на многих причинах развития близорукости и других нарушениях зрения, которые излагаются в специальной литературе, в частности в, отметим лишь необходимость профилактики зрительных расстройств в школьном возрасте, в которой серьезную роль играет правильно спроектированное и правильно эксплуатируемое искусственное освещение наряду с другими санитарно-гигиеническими факторами[3].

По данным некоторых исследователей, оптимальные для остроты зрения уровни освещенности при люминесцентном освещении лежат в

пределах 1000-1200лк, но начиная с освещенности 600лк при дальнейшем повышении уровня освещенности вплоть до оптимального зрительные функции возрастают относительно незначительно.

Поэтому нормирование таких высоких уровней освещенности, по-видимому, в настоящее время нецелесообразно по экономическим соображениям. Отсюда вытекает насущная необходимость обеспечить правильную постановку эксплуатации устройств освещения: своевременную и тщательную чистку светильников, своевременную смену ламп и т. д., особенно в помещениях для учебных занятий.

**Целью данной работы является** выявление потенциала экономии электроэнергии в осветительных сетях и способов его реализации за счет эффективного использования источников искусственного света и обеспечении комфортной световой среды.

**Задачи для выполнения поставленных целей:**

- ‡ Анализ мировой и отечественной практики решения проблемы энергоэффективного освещения в учебных заведениях;
- ‡ Изучение вопросов влияния света на организм человека;
- ‡ Проведение энергетического аудита системы искусственного освещения СОШ №32 города Томск;
- ‡ Выбор системы искусственного освещения для реализации потенциала энергосбережения;
- ‡ Построение трехмерной модели объекта исследования в программном комплексе DIALux для наглядной демонстрации результатов работы.

Для достижения поставленной цели была изучена литературы и нормативные документы, рассматривающие особенности освещение школы. Также были рассмотрены разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором рассчитывались все расчеты эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников и расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода и «Социальная ответственность», при работе на персональных компьютерах.



**Научная новизна исследования заключается:**

–теоретически установлена целесообразность и эффективность совершенствования осветительных установок для освещения школьных учреждений с применением светодиодных ламп, обеспечивающих экономию электроэнергии и комфортную световую среду;

–светотехнические расчёты проведены на базе компьютерной программы, – что позволило определить освещённость, а также проанализировать распределение освещенности по всей освещаемой поверхности;

–произведен расчет экономической целесообразности предлагаемых мероприятий по повышению энергетической эффективности реконструируемой осветительной установки по результатам энергетического обследования объекта исследования.

**Практическая ценность диссертации:** результаты исследований, представленные в виде светотехнических расчетов на базе программы DIALux, могут быть использованы в освещение школы.

# **Глава 1. Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного освещения помещений**

## **1.1 Свет и здоровье**

Свет как неотделимый элемент жизненной среды человека влияет на здоровье людей любого возраста, любой этнической группы, при любых видах и условиях работы, занятий и отдыха[2].

Воздействие света на человека определяется, с одной стороны, количественными и качественными параметрами световой среды, с другой – закономерностями физиологической оптики, возрастной анатомии, психофизиологии зрения и фотобиологии.

Излучения всей оптической области спектра – видимого, ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов – участвуют в биологических процессах организма, необходимы для человека и оказывают благоприятное влияние на здоровье в достаточно широких пределах интенсивностей[2].

Длительное выключение или ограничение, так же как и избыток этих излучений, оказывают отрицательное действие на состояние здоровья.

Опосредованное влияние на здоровье людей свет оказывает и по тому, как он влияет на воздушную среду и предметное окружение, изменяя их химический состав, температурные характеристики и обсемененность микроорганизмами[1].

От условий освещения во многом зависит также комфортность среды, влияющая на эмоциональное состояние человека, уровень его активности, самочувствие и настроение, немаловажные для поддержания физического и психического здоровья.

Учет влияния света на здоровье человека является главной задачей специальной отрасли профилактической медицины – гигиены освещения, научно обоснованные рекомендации которой направлены на оптимизацию световой среды в местах обитания человека.

Таблица 1.1 - Основные характеристики зрения человека

Характеристики зрения	Основные режимы работы глаза		
	дневное (фотопическое, центральное) зрение	сумеречное (мезопическое) зрение	ночное (скотопическое, периферическое) зрение
Светочувствительные элементы сетчатки глаза	колбочки	колбочки + палочки	палочки
Средние яркости адаптации	высокие яркости, $L \geq 10$ кд/м <sup>2</sup>	малые яркости, $0,01 < L < 10$ кд/м <sup>2</sup>	высокие яркости, $L \leq 0,01$ кд/м <sup>2</sup>
Диаметр зрачка глаза	2 мм	5-7 мм	8-10 мм
Световая чувствительность	относительно малая	относительно большая	наивысшая
Способность к восприятию цветов	хорошее различие всех цветов	голубые и зеленые относительно светлеют, красные темнеют	цвета не различаются, черно-белое видение
Спектральная чувствительность к хроматическим излучениям	максимальная к желто-зеленому [ $V(\lambda) = 1,0$ при $\lambda = 555$ нм] с уменьшением к красному [ $V(\lambda) = 0,0021$ при $\lambda = 710$ нм] и фиолетовому [ $V(\lambda) = 0,0012$ при $\lambda = 410$ нм]	максимальная к голубовато-зеленому ( $\lambda = 520$ нм) с уменьшением в длинноволновой и коротковолновой частях спектра	максимальная к зеленовато-голубому [ $V(\lambda) = 1,0$ при $\lambda = 510$ нм] с уменьшением к красно-оранжевому [ $V(\lambda) = 0,00737$ при $\lambda = 620$ нм] и фиолетовому [ $V(\lambda) = 0,0022$ при $\lambda = 390$ нм]
Способность к различению деталей (острота зрения)	высокая разрешающая способность – хорошая различимость деталей	малая разрешающая способность, мелкие детали не видны	отсутствует, детали не видны
Способность к различению движения	хорошее различие движущихся объектов, видимых размеров	различие движения объектов средних и больших размеров	сохраняется определенная зрительная реакция на относительно крупные движущиеся объекты

Особое значение учет возрастного фактора имеет при нормировании освещения помещений для детей и подростков, где безусловно оправданы повышенные требования к оздоравливающему воздействию света на растущий организм. Особо высоки здесь требования к условиям зрительного восприятия в

период выработки зрительных навыков и продолжающегося роста глаза и формирования оптической рефракции глаз, которые заканчиваются у детей в разных климатических условиях и в разных этнических группах населения лишь к 18 – 24 годам жизни[4].

Известно, что недостаточное или некачественное освещение способствует развитию близорукости из-за вынужденной позы, приближающей глаза и голову к рассматриваемым объектам при чтении, письме, рисовании, ради увеличения угловых размеров рассматриваемых объектов.

Несмотря на относительно высокие уровни освещенности, создаваемые современными осветительными установками с газоразрядными источниками света, излучающими свет по спектру более близкий к естественному, чем свет ламп накаливания, состояние людей, выполняющих напряженную зрительную или умственную работу при искусственном освещении хуже, чем при естественном, о чем свидетельствуют наблюдения как отечественных, так и зарубежных исследований. Отмечаются ухудшение самочувствия, снижение работоспособности, повышение утомления, нарастающая раздражительность, частые головные боли. Отмечены даже более тяжелые проявления токсикоза у беременных женщин, работающих при искусственном освещении[3].

При физиолого-гигиенических исследованиях, проведенных при одинаковом, достаточно высоком уровне освещенности от естественного или искусственного «дневного» освещения люминесцентными лампами, отмечено достоверное преимущество естественного освещения по показателям мышечной и зрительной работоспособности, точности координации движений, состояния психомоторики, сердечно-сосудистой системы и электрического сопротивления кожи.

Часто встречающееся объяснение более благоприятного воздействия естественного света на человека психологическим настроением при наличии визуальной связи через светопроемы с внешним миром является недостаточным. Об этом свидетельствуют исследования реакции людей на



одинаковые уровни естественного и искусственного света, проведенные чешскими и российскими гигиенистами. Эксперименты проводились в помещении с постоянным дозированным поступлением света через светопроемы, перекрытые автоматически регулируемые по степени пропускания непрозрачными или полупрозрачными экранами, полностью исключающими визуальный контакт испытуемых лиц с законным пространством[3].

Результаты, полученные при поступлении на рабочие места естественного света, во всех экспериментах были неизменно лучшими, чем при искусственном освещении той же интенсивности.

Не только полная замена естественного света среды негативно сказываются на состоянии человека, особенно при его значительной рабочей нагрузке.

Усредненные данные по показателям динамики зрительных функций, функций центральной и вегетативной нервной системы и количественного выражения самооценки психологического состояния испытуемых при освещенности 500лк с разными соотношениями естественного и искусственного света представлены на рисунок 1.1. При освещенностях в 300 и 1000лк тенденция зависимости психофизиологического состояния работающих людей от степени денатурации световой среды проявилась так же, как и при 500лк рисунок 1.2

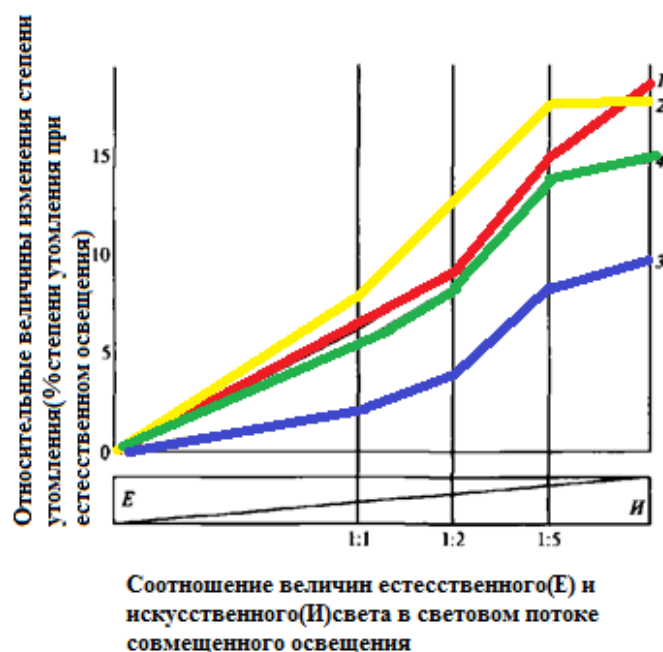


Рисунок 1.1 – Изменение степени утомления людей от зрительной работы при замене части естественного света искусственным (уровень освещенности постоянный – 500лк): 1- показатели утомления по динамике функций центральной нервной системы; 2 -показатели утомления по динамике зрительных функций; 3 -показатели утомления по динамике самооценки психологического состояния; 4 -усредненные показатели утомления.

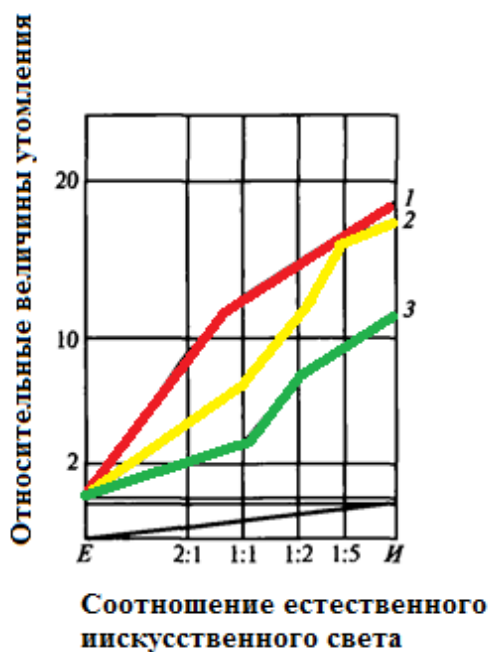


Рисунок 1.2 – Зависимость утомления от соотношения естественного и искусственного света: 1-при освещенности 300лк; 2 -при освещенности 500лк; 3 -при освещенности 1000лк

При разных условиях суммарной освещенности от естественного и искусственного света объективные и субъективные проявления дискомфорта световой среды наступают в тех случаях, когда естественным светом обеспечивается освещенность менее 250-300лк. Эти данные совпадают с результатами изучения биохимических показателей полярников. Последние свидетельствуют о том, что во время полярного дня при естественной освещенности ниже 300лк биоритмы жизнедеятельности человека протекают по тину, характерному для полярной ночи[3].

То что организм человека реагирует на полную и даже частичную денатурацию световой среды при неизменном уровне освещенности, свидетельствует не только о психологической, но и о биологической неадекватности естественного и искусственного света[3].

Негативное влияние на людей замены естественного света искусственным проявляется в натурных условиях в практике использования больших рабочих помещений площадью до 300 кв. м и более, с боковым освещением. Такие помещения имеются в современных не только промышленных, но и общественных зданиях. Большая часть сотрудников в подобных помещениях вынуждена выполнять напряженную зрительную и умственную работу на рабочих местах, расположенных вдали от окон – в условиях совмещенного освещения, сочетающегося с рядом других неблагоприятных факторов многолюдных рабочих помещений.

Помимо спектральных характеристик, неблагоприятное воздействие на людей оказывает монотонность искусственного света, а при использовании разрядных ламп, питаемых токами промышленной частоты, и незаметная на глаз микропульсация светового потока, не только вызывающая стробоскопический эффект, затрудняющий зрительное восприятие движущихся деталей механизмов и тем провоцирующий случаи производственного травматизма, но и сбивающая естественные ритмы нервных процессов в коре головного мозга, что затрудняет психические реакции и умственную деятельность человека[2].

Рисунок 1.3 демонстрирует строение глаза и изменение положения его элементов при дальней и ближней аккомодации.

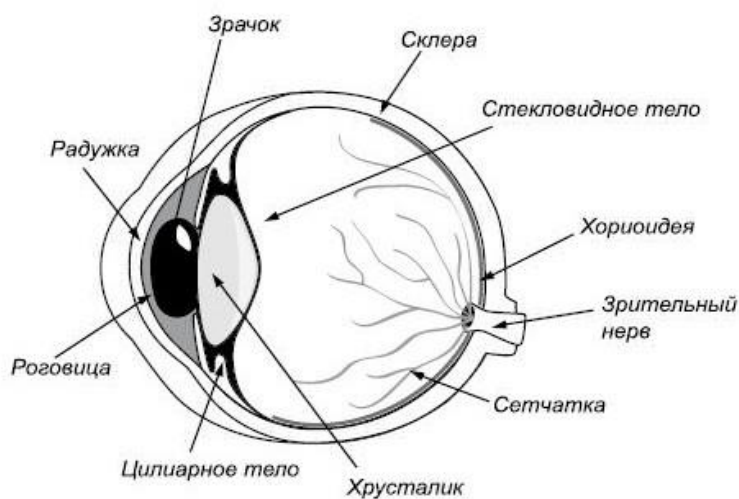


Рисунок 1.3 – Глаз человека и его схема

Кривизну хрусталика изменяют внутренние цилиарные мышцы глаза по сигналу от мозговых центров зрительного анализатора. Частое и длительное фиксирование близких объектов изменяет тонус цилиарных мышц, чем создается постоянная установка на «смотрение вблизи»-формируется миопическая рефракция - «школьная близорукость», которой особенно подвержены дети, генетически предрасположенные к этому дефекту зрения(рис.1.4).

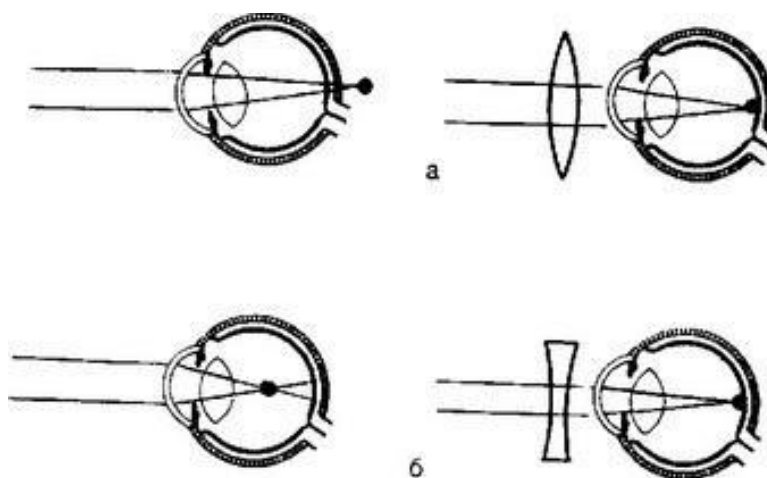


Рисунок 1.4 – Оптические недостатки глаза и их исправление:  
а - дальнозоркий глаз, исправленный собирающим стеклом, б- близорукий глаз исправленный рассеивающим стеклом.



Кроме рефракционной миопии, у детей легче, чем у взрослых, развивается «осевая близорукость» с удлинением переднезадней оси глаза. Ее причиной является то, что при установке на «смотрение вблизи» глаза сильно конвергируют – зрительные оси сводятся вовнутрь. Наружные мышцы глаза, обеспечивающие конвергенцию, оказывают с боков давление на глазные яблоки, зажимают вены, и тем увеличивают внутриглазное давление, растягивающее и деформирующее глаз. Увеличение переднезадней оси глаза приводит к необратимой близорукости[3].

Особо выраженное изменение конфигурации глаза происходит при слабости наружной оболочки глаза – склеры, что является одним из проявлений нарушения фосфорно-кальциевого обмена в организме при дефиците витамина D в результате УФ-недостаточности при «световом голодании» ребенка.

Число близоруких среди учащихся школ возрастает от младших классов к старшим более чем в 3 раза. Удельный вес близоруких детей среди школьников южных районов страны составляет 18-20%, в северных районах приближается к 40%. Среди выпускников школ Норильска число близоруких к началу 90-х годов XX века достигло 58% .

Приведенные данные относятся к периоду до компьютеризации учебного процесса и внешкольных занятий, которая, в свою очередь, неблагоприятно скажется на формировании нормальной рефракции у детей и подростков.

Близорукость детей впоследствии сочетается с ранним развитием катаракты (помутнения хрусталика), резко ухудшающей зрение. Без своевременной и постоянной коррекции зрения близорукость может привести к развитию содружественного косоглазия с нарушением бинокулярного зрения, необходимого для определения формы и удаленности объектов.

Вынужденная поза, провоцирующая развитие близорукости, приводит к формированию дефектов осанки с искривлением позвоночника, особо выраженных при нарушениях фосфорно-кальциевого обмена из-за недостатка

витамина D вследствие «светового голодания». Эти нарушения приводят к дефектам костеобразования, вплоть до развития остеопении.

Число детей и подростков, имеющих сколиотическую осанку (боковое искривление позвоночника), увеличивается с 1-го по 9-й классы от 7,29% до 28,57%. Стойкий сколиоз формируется у 5-6% выпускников школ[3].

Искривления позвоночника, в свою очередь, негативно сказываются на состоянии периферической нервной системы, регулирующей работу внутренних органов в течение всей последующей жизни человека, и вызывают раннее развитие остеохондроза.

Таким образом, обеспечение благоприятной световой среды для детей и подростков при постоянно растущей их учебной нагрузке имеет большое значение для сохранения здоровья подрастающего поколения на долгие годы.

## **1.2. Краткая характеристика архитектурно-строительных решений и основных помещений**

Здания школ сооружаются в городах, как правило, по типовым проектам, которые время от времени обновляются. Типовые проекты базируются на использовании современных индустриальных строительных конструкций, выпускаемых заводами строй – индустрии, что обеспечивает высокие темпы возведения зданий и экономное расходование материальных ресурсов[5].

Архитектурно – планировочные решения и инженерные устройства зданий, а также технологическое оборудование соответствуют требованиям учебного процесса. Как правило, такие здания сооружаются из каркасно-панельных конструкций, которые в последнее время заменяются на крупно - панельные полносборные: железобетонные конструкции, что, естественно, еще больше повышает индустриальность строительства и обеспечивает снижение трудозатрат. Наиболее распространенное число учащихся в школьном здании в крупных городах составляет около 1000. Количество классов в школах – 20-30[20].

Состав помещений строго нормируется применительно требованиям учебного и воспитательного процесса, осуществляемого в зданиях. Одним из наиболее важных этапов проектирования является разработка раздела искусственного освещения, создающие комфортные условия для проведения учебной работы. В последнее время к школьным зданиям пристраиваются бассейны, в которых школьники могут заниматься водными видами спорта.

Освещение этих помещений требует специфических решений. Особо следует отметить школы специального назначения – музыкальные, спортивные художественные, эстетического воспитания, для которых также требуются специальные светотехнические и электротехнические решения, но здесь они не рассматриваются. При рациональном освещении помещений снижаются возбудимость и утомляемость пребывающих в них детей, улучшается их настроение, повышается активность в процессе обучения и работы[20].

Естественно также, что хорошее освещение способствует улучшению условий работы преподавателей. В проекте обязательно должны учитываться условия окружающей среды и пожарная безопасность некоторых помещений.

В таблице 1.2. приведен перечень основных помещений школ и дана характеристика окружающей среды в соответствии с классификацией. Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и инструкции по проектированию электрооборудования общественных зданий СН 54382

Таблица 1.2 - Нормируемые светотехнические характеристики[20].

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности (Г горизонтальная, В-вертикальная)и Высота плоскости над полом	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение				
			Освещенность рабочих поверхностей, лк		Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	
			При комбинированном освещении				
			Всего	от общего			
Классные комнаты,	В-1,5 на середине доски Г- 0,8 на рабочих столах и партах	А-1 А-2	-	500	-	- 40	10 10
			-	400	-		
Кабинеты информатики и вычислительной техники	В-1,0 (на экране дисплея)Г-0,8 на рабочих столах и партах	Б-2 А-2	500/300	200 400	- -	- 15	- 10
Кабинеты технического черчения и рисования	В- на доске Г-0,8 на рабочих столах и партах	А-1 А-1	-	500	-	40 40	10 10
			-	500	-		
Кабинеты обслуживающих видов труда для девочек	Г-0,8 Пол	А-2 Б-2	-	400	-	40 60	10 20
			-	200	-		
Спортивные залы	В - на уровне 2,0 м от пола с обеих сторон по продольной оси помещения	-	-	75	-	-	-
Актовые залы, кино аудитории	Пол	Д	-	200	75	90	-



Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности (Г горизонтальная, В-вертикальная)и Высота плоскости над полом	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение				
			Освещенность рабочих поверхностей, лк		Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	
			При комбинированном освещении				
			Всего	от общего			
Эстрады актовых залов	В-1,5	Г	-	300	-	-	15
Кабинеты и комнаты преподавателей	Г-0,8	Б-1	-	300	-	40	-
Рекреации	Пол	Е	-	150	-	90	20

Поскольку в рассматриваемых зданиях важную роль играют правильное восприятие освещения и наименьшая утомляемость детей, окраска помещений должна выполняться светлыми матовыми тонами (в том числе полов). Блестящей окраски следует избегать во избежание отраженной блескости. Наиболее целесообразные коэффициенты отражения потолков должны быть не менее-70%, стен -50%, мебели (парты, столы и т. п.) - 30-40%, пола-20%. Классные доски должны быть матовыми, желательно коричневого, зеленого или серого цветов с коэффициентом отражения от 10 до 30%.

В южных районах страны, где солнечные лучи, особенно в весеннее время и в начале осени, мешают учебному процессу, необходимо предусматривать в архитектурно-строительной части проектов зашторивание светопроемов. В ряде учебных помещений, где применяются новые формы обучения с широким использованием кинопоказа, диапозитивов, необходимо устраивать зашторивание с помощью электропривода, управляемого со стола

преподавателя. В помещениях с зашториванием окон управление освещением устраивается из двух мест – от входа и со стола преподавателя.

При разработке архитектурно – строительной части проектов особое внимание уделяется естественному освещению учебных зданий. Нормы устанавливают обязательные значения коэффициентов естественного освещения КЕО, %, которыми следует руководствоваться[5].

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) есть отношение значения освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражения), к значению наружной горизонтальной освещенности в тот же самый момент времени, создаваемой светом полностью открытого небосвода, %.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее, верхнебоковое (комбинированное). При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. При двухстороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке по середине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности.

При верхнем или верхнебоковом естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного резерва помещения и условной рабочей поверхности . Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1м от поверхности стен или перегородок.

Нормируемые значения КЕО (%) для некоторых характерных помещений зданий школ приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Нормируемые значения КЕО (%) [5].

№	Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО (Г – горизонтальная). Г-0,0 – на полу, м,	КЕО еН, %	
			при верхнем	при верхнем
1	Классные комнаты, учебные кабинеты физики, химии, биологии и пр.	Рабочие столы и парты: Г - 0,8 Середина доски: В - 1,5	4 -	1,5 -
2	Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г - 0,8 Экран дисплея: В - 1	3,5 -	1,2 -
3	Учебные кабинеты технического черчения	Г - 0,8 Рабочие, чертежные доски, рабочие столы	4 -	1,5 -
4	Кабинеты и комнаты преподавателей	Г - 0,8	3	1
5	Рекреации	Г - 0,0	2	0,5

### 1.3. Нормы освещенности и качественные показатели осветительной установки

В СНиП указаны основные требования к осветительным установкам школ. В этом документе нормируются как количественные и качественные характеристики осветительных установок [3].

Кроме наименьших значений горизонтальной и вертикальной освещенности для основных помещений нормируются значения показателей дискомфорта, коэффициента пульсации освещенности и для некоторых – цилиндрическая освещенность. Последние три показателя имеют большое значения для ряда помещений рассматриваемых зданий. Не останавливаясь на теоретических обоснованиях норм, изложенных детально в, приведем лишь краткие пояснения к качественным характеристикам освещения.

*Показатель дискомфорта* является критерием оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущение при неравномерном распределении яркости в поле зрения.

*Коэффициент пульсации освещенности* – критерий оценки глубины колебаний освещенности в результате изменений во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током. Как известно, при указанных выше условиях световой поток газоразрядных ламп пульсирует при частоте переменного тока 50Гц с удвоенной частотой - 100 раз в секунду и изменяется во времени по величине. Пульсации вызывают повышенное утомление зрения и ухудшение общего состояния организма. В мастерских, где имеются движущиеся и вращающиеся части станков, пульсации могут вызвать стробоскопический эффект, при котором искажается зрительное восприятие движущихся и вращающихся предметов при совпадении частоты их движения с частотой изменения светового потока.

Коэффициент пульсации освещенности равен отношению разности значений максимальной и минимальной освещенности к удвоенной средней освещенности за период ее колебания и выражается в процентах. Соблюдение нормируемого коэффициента пульсации достигается применением соответствующих ламп и светильников и схемой их включения в сеть[5].

Для рассматриваемых зданий цилиндрическая освещенность нормируется только в актовом и обеденных залах, кино-аудиториях.

Нормируемые значения наименьшей горизонтальной, вертикальной и цилиндрической освещенности, а также значения показателя дискомфорта и коэффициента пульсации освещенности для основных помещений школ приведены в таблице 1.2.

Качество освещения в рассматриваемых зданиях характеризуется и некоторыми другими критериями, которые должны учитываться при проектировании. Пожалуй, наиболее важным из них следует считать распределение яркостей между объектом различения и поверхностями, на которые может быть обращен взгляд учащегося, преподавателя и т.п.

Отметим вначале ограничения по яркости осветительных приборов, устанавливаемых в помещениях школ в соответствии с действующими стандартами.



Для коридоров, вестибюлей, гардеробных и других помещений с временным пребыванием людей значения габаритной яркости светильников не нормируются. Укажем попутно, что пускорегулирующие аппараты, применяемые для светильников с газоразрядными лампами, должны соответствовать группе с особо низким уровнем шума (для классов, кабинетов и т.п. - не более 30дБ).

Многочисленными исследованиями установлено, что при действующих в нашей стране требованиях к уровням освещенности наиболее целесообразные соотношения яркостей между тетрадь, книгой и окружающими предметами достигаются при коэффициентах отражения потолка около 80%, стен - 60%, пола, парт, классной доски - 30%. Для общественных зданий ограничение вредного действия блескости достигается при обеспечении нормируемого показателя дискомфорта, о чем говорилось выше.

В технике освещения различаются прямая блескость (от источника света), при которой резко снижается контрастная чувствительность, и наступает ухудшение видимости, отраженная блескость, при которой чрезмерное увеличение яркости рабочей поверхности тоже создает слепящее действия, и вуалирующее действие отражения, ведущее к уменьшению контраста между объектом различения и фоном в последнем случае слепящее действие не наблюдается, но видимость, естественно, ухудшается. В условия учебного процесса вуалирующее действие отражения приобретает доминирующее значение.

Устранение отраженной блескости решается относительно легко при локализованном и местном освещении путем такого расположения светильника, при котором зеркально отраженные поверхностью лучи не попадают в глаза учащегося. При общем освещении отраженная блескость снижается при достаточной яркости стен и потолка либо при освещении светящими потолками.

При освещении школьных помещений очень важно условия тенеобразования. Действительно, во многих случаях для учащегося важно

хорошо различать лицо преподавателя, даже движение его рта, особенно на уроках иностранного языка.

Установлено что тенеобразующие свойства осветительной установки зависят от соотношения прямой и диффузной составляющих светового потока, падающего на рельефной предмет или близлежащие участки фона. В итоге тенеобразующие свойства освещения зависят от многих условий. В первую очередь от светораспределения светильников, их размещения, соотношения размеров и отражающих свойств потолка, стен и пола. Наиболее точно характеризует тенеобразующие свойства осветительной установки так называемая *контрастность освещения*.

#### **1.4.Выводы по главе 1**

1. Свет – важнейший фактор жизненной среды человека. Он обладает мощным потенциалом воздействия на физиологическое и психологическое состояние, на самочувствие и здоровье людей разного возраста в любых жизненных ситуациях. Понятие «Свет и Здоровье» рассматривается как единая проблема, что должно учитываться в разработке перспективных норм освещения и новых средств и приемов освещения мест обитания человека.

2. Учебные помещения школ должны иметь естественное освещение. В помещениях школ обеспечиваются нормированные значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) в соответствии с гигиеническими требованиями, предъявляемыми к естественному и искусственному освещению.

3. В настоящее время имеются все предпосылки для проектирования осветительных установок школьных зданий России на современном научно – техническом уровне. Разработаны, утверждены и введены в действие санитарные и строительные нормы, законодательно устанавливающие параметры освещения, обеспечивающие необходимые с точки зрения гигиены зрения детей и подростков условия освещения.



## **Глава 2. Энергоэффективные технологии в освещении**

### **2.1. Проблемы энергосбережения и экологии**

Проблема энергосбережения в осветительных установках всех стран мира, не только передовых, но и развивающихся, приобрела за последние годы исключительное значение. При этом от успехов в решении этой проблемы во многом зависит будущее человеческой цивилизации не только в связи с постепенным истощением горючих ископаемых, идущих на выработку электроэнергии, но и из-за быстро происходящего загрязнения окружающей среды выбросами в атмосферу вредных веществ (диоксидов углерода и серы, а также ртути), образуемых в результате сжигания топлива при производстве электроэнергии. Известно, что при выработке на тепловых электростанциях (работающих на угле) 1 кВт · ч электроэнергии (ЭЭ) в атмосферу выбрасывается около 1 кг CO<sub>2</sub>. В мировом масштабе загрязнение атмосферы выбросами электростанций в значительной мере способствует образованию «парникового эффекта», ведущего в конечном итоге к глобальному потеплению климата на Земле. В результате будет происходить изменение циркуляции ветров и перераспределение осадков, что существенно отразится на жизнедеятельности людей[6].

Пути решения проблемы: уменьшение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов.

Соответствующие международные и национальные организации разработали целый ряд мероприятий, направленных на внедрение энергоэффективных технологий, в том числе реализацию первоочередных шагов по экономии электроэнергии в установках внутреннего и внешнего освещения.

Международное энергетическое агентство IEA (International Energy Agency) и Общество экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) вместе с Европейским министерством окружающей среды предложили

программу, осуществление которой может снизить затраты электроэнергии на освещение в среднем на 60%. К числу реальных мероприятий повышения энергоэффективности ОУ и, соответственно, снижения выбросов CO<sub>2</sub> во время работы теплоэлектростанций относятся прежде всего[7]:

- ‡ широкое внедрение в ОУ жилых и общественных зданий энергоэффективных КЛЛ и светодиодные светильники взамен ЛН;
- ‡ переход в ОУ промышленных и общественных зданий на осветительные приборы (ОП) с линейными ЛЛ нового поколения в колбах диаметром 16 мм (типа T5) с высокой световой отдачей до A05 лм/Вт);
- ‡ использование электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) вместо электромагнитных в светильниках с ЛЛ и КЛЛ;
- ‡ автоматизированный контроль и управление освещением в зависимости от интенсивности природного света или с помощью датчиков присутствия;
- ‡ более эффективное использование естественного освещения за счет применения активных светоперераспределяющих элементов на светопроемах (как боковых, так и потолочных).

Во многих государствах мира приняты и реализуются специальные программы энергосбережения, включающие самостоятельные разделы применительно к электрическому освещению. Так, в настоящее время Европейским советом подготовлены и частично уже действуют 10-12 директив и программ по повышению эффективности использования ЭЭ, охране окружающей среды и переработке отходов производства. Лидирующую роль играет программа «Green Light» («Зеленый свет») США, а также программы энергосбережения Великобритании, Нидерландов, Дании, Швеции. На базе программы «Green Light» подготовлены и действуют соответствующие программы Китая, Бразилии, Южной Кореи, Таиланда, Мексики, Чехии. Задачей этих программ является резкое снижение расхода ЭЭ в ОУ (на 20-50%) и выброса вредных веществ в атмосферу. Снижение энергопотребления при реализации этих программ является результатом разностороннего воздействия как на структуру производства и применения светотехнических изделий, так и

на качество выпускаемой техники и эффективность ее использования. Однако необходимо подчеркнуть общее для всех этих документов – основная ставка делается на КЛЛ, ЭПРА и новое поколение тонких ЛЛ типа T5 с ЭПРА[6].

Важнейшей задачей является законодательное закрепление энергосберегающих требований к светотехническим изделиям и установкам в стандартах, нормах и правилах. В США разработан «Стандарт на эффективное использование электроэнергии для освещения», согласно которому допустимое энергопотребление на внутреннее освещение всего здания рассчитывается, исходя из допустимой удельной мощности для каждого помещения данного типа и назначения (например, школы, больницы, офисные здания и др. В качестве энергетического показателя, определяющего рациональное потребление ЭЭ, дана также удельная мощность, Вт/м<sup>2</sup>. Новые энергосберегающие нормы позволят снизить затраты на электроэнергию в ОУ зданий на 20-40%.

Повышение энергоэффективности ОУ неразрывно связано с задачей комплексного снижения затрат в ОУ, так как для любого потребителя важно не только снижение энергоемкости, но и срок окупаемости затрат на новую или переоборудуемую ОУ. В конечном итоге эффективность ОУ определяется стоимостью световой энергии, генерируемой за срок службы ОУ и в значительной степени зависящей от затрат на электроэнергию.

Экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм освещенности, отключения части световых приборов или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

Эффективной следует считать такую ОУ, которая создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной работы при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах, в том числе при минимальном энергопотреблении.



## **2.2.Эффективность использования электроэнергии для освещения**

Экономия электроэнергии в ОУ имеет большое значение, так как в России на нужды освещения расходуется около 14% всей вырабатываемой электроэнергии. Доля потребляемой электроэнергии ОУ в различных бюджетных учреждениях колеблется от 10 до 70%. Экономия электроэнергии может быть получена в результате оптимизации светотехнической части ОУ и осветительных сетей, систем управления и регулирования освещения, рациональной организации эксплуатации освещения[11].

Оптимизация светотехнической части ОУ и осветительных сетей включает в себя следующие мероприятия: правильный выбор системы освещения и типов ИС; принятие экономичных схем размещения светильников; правильный выбор типов светильников по светораспределению и конструктивному исполнению.

Основной тип ламп, используемый в различных бюджетных учреждениях, – это ЛЛ. Лампы высокого давления применяются в меньшей степени, в основном для освещения промышленных предприятий, спортивных залов и прилегающей территории.

Лампы накаливания имеют самую низкую световую отдачу и самый малый срок службы. Чаще всего ЛН используются в бюджетных учреждениях во вспомогательных и подсобных помещениях, коридорах и на лестничных клетках, а также там, где другие лампы не подходят по условиям окружающей среды, или при специальных требованиях по ограничению радиопомех. На срок службы ЛН сильно влияет значение напряжения питания[11].

Световая отдача ЛЛ составляет 50-115лм/Вт, что намного выше, чем у ЛН. Срок службы ЛЛ также существенно выше срока службы ЛН.

Разрядные лампы высокого давления широко используются для наружного освещения и для освещения производственных помещений, в которых нет жестких требований к качеству цветопередачи. Электрические и световые параметры РЛВД мало зависят от влажности и температуры

окружающего воздуха. Потери мощности в индуктивных ПРА составляют до 10% мощности лампы. На световые параметры ламп влияет их положение: в горизонтальном положении световой поток может снизиться до 15% по сравнению с вертикальным положением. Световая отдача и срок службы у ДРЛ и МГЛ примерно такие же, как и у ЛЛ. У натриевых ламп световая отдача примерно в 2 раза выше, но очень плохая цветопередача.

В последнее время появился новый вид источник света – светодиодный. Они имеют очень большой срок службы и высокую световую отдачу. На лабораторных образцах СИД достигнута рекордная световая отдача – 250 лм/Вт; доступные СИД некоторых фирм имеют световую отдачу более 100лм/Вт. В области энергосбережения СИД открывают беспрецедентные перспективы.

В таблице 2.1. представлены некоторые параметры основных групп ИС, основной из которых является показатель удельной световой энергии, вырабатываемой за срок службы. Если световую энергию от ЛН принять за единицу, то все остальные типы ламп многократно вырабатывают огромное световой энергии. Нужно отметить, что ЛН, которые сыграли огромную роль в развитии человечества, сегодня являются устаревшими ИС.

Во многих странах мира это очень отчетливо осознают, и в последнее время там принимают эффективные меры по вытеснению ЛН. Например, в ноябре 2008 г. вышло постановление Правительства Украины о том, что начиная с 2009 г. во всех правительственных зданиях ЛН должны быть заменены на другие, более энергоэффективные ИС.

С начала 2009 г. В Великобритании из продажи исчезли ЛН мощностью 75, 100 и 150Вт. Решено, что специальные уполномоченные будут инспектировать магазины и даже отдельные квартиры, проверяя, какие лампочки продаются и какими пользуется население. Уполномоченные наделены правом изъятия «нелегальных» ЛН. По оценкам британских аналитиков, экономия от таких мер может составить до 8млрд долл. США.

Евросоюз принял решение полностью перейти на энергосберегающие ИС к 2012 г.

В США вышло постановление, подписанное президентом, о том, что с 2011 г. исключаются из производства и применения ЛН мощностью 100Вт, в 2012 г. – 75 Вт и так далее до 2014г., когда ЛН должны быть полностью ликвидированы. Это понятно и очевидно, потому что если бы все страны мира перешли на использование КЛЛ, то можно было бы высвободить столько электроэнергии, сколько потребляет вся Австралия за четыре года[11].

В России новый закон об энергосбережении (№ 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г., ст. 10, п. 8) с 1 января 2011 г. вводит запрет на использование ЛН мощностью 100Вт и более. А с 1 января 2013 г. может быть введен запрет на ЛН мощностью 75Вт и более, с 1 января 2014 г. – на ЛН мощностью 25Вт и более.

*Таблица 2.1. – Основные параметры ИС[11].*

Тип	Средний срок службы, тыс. ч	Индекс цветопередачи, Ra	Световая отдача, лм/Вт	Удельная световая энергия, вырабатываемая за срок службы (среднее значение)	
				Млм*ч/Вт	отн.ед.
ЛН	1	100	8-17	0,013	1
КЛЛ	10-20	57-92	48-104	1,140	88
СИД	25	85-90	До 150	2,500	192

### **2.3.Средства и методы снижения энергоемкости осветительной установки**

Энергоэффективность ОУ зависит от:

- ‡ световой отдачи ИС, их срока службы и стабильности характеристик в процессе длительной работы;
- ‡ светотехнических и энергетических параметров ОП;
- ‡ методов освещения;
- ‡ режимов и способов эксплуатации;
- ‡ степени использования естественного освещения;

▢ тарифов на ЭЭ;

‡ числа часов использования ОУ в год.

Важнейшим фактором снижения энергозатрат в зданиях является комплексное одновременное решение всех инженерных систем (освещения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и др.). Ниже рассмотрены основные группы вопросов, влияющих на энергопотребление и снижение стоимости световой энергии[3].

**Источники света.** Энергетическая эффективность и срок службы различных типов ИС, как известно, резко различаются. За период своей работы разрядные лампы (РЛ) вырабатывают в 50-100 раз больше световой энергии на 1Вт потребляемой мощности по сравнению с лампами накаливания. Основные преимущества и недостатки различных ИС, влияющие на энергоэффективность ОУ, приведены в таблице 2.2.

*Таблица 2.2 – Преимущества и недостатки*

	Преимущества	Недостатки
<b>1. Лампа накаливания</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>‡ Средняя световоотдача (при прозрачной колбе);</li><li>‡ Полная совместимость с существующими светильниками и стандартными технологиями на рынке;</li><li>‡ Светорегулирование любым регулятором;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>‡ Большое потребление электроэнергии – крайне малый КПД;</li><li>‡ Опасность из-за высокой рабочей температуры;</li><li>‡ Высокий уровень инфракрасного излучения;</li></ul>
<b>2. Светодиодная лампа</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>‡ Высокий коэффициент световоотдачи;</li><li>‡ Долгий срок эксплуатации (до 100 000 часов);</li><li>‡ Безопасность (отсутствие инфракрасного и ультрафиолетового излучения);</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>‡ Относительно высокая цена;</li><li>‡ В основном предназначена для частного использования (комнатное освещение);</li><li>‡ Сложность применения на производстве, в офисных помещениях и т.д.</li></ul>

	Преимущества	Недостатки
<b>3.Газоразрядная лампа</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Более высокая эффективность (сбережение энергии) по сравнению с лампой накаливания – от 15% (обычные галогенные) до 80% (компактные люминесцентные);</li> <li>☐ Экологичность (минимальный уровень инфракрасного излучения);</li> <li>☐ Продолжительный срок службы (до 6 раз больше, чем у ламп накаливания – в среднем до 10 000 часов);</li> <li>☐ Выпускаются с теплым и холодным светом;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Светоотдача у многих видов ламп ниже средней Опасность из-за высокой рабочей температуры (у некоторых видов);</li> <li>☐ Часто без возможности светорегулирования;</li> <li>☐ Относительно медленное включение и прогрев (люминесцентные);</li> <li>☐ Не всегда совместимы со стандартными светильниками;</li> <li>☐ Относительно высокая цена;</li> <li>☐ Высокий уровень ультрафиолетового излучения;</li> </ul>

*Лампы накаливания* применяются уже более 100 лет. Основная часть лампы – это вольфрамовая нить накала, помещенная в стеклянную колбу, заполненную инертным газом, и нагреваемая электрическим током до температуры 3000 °С. Естественный предел повышения температуры – точка плавления вольфрама (3653 К). Спектр излучения ламп – сплошной, с максимумом излучения в оранжево-красной области, вследствие чего при освещении лампами накаливания хорошо выявляются оранжево-красные цвета и плохо – сине-зеленые.

Лампы накаливания разделяются на лампы общего назначения и специальные. Из последних в данном случае нас интересуют лампы прожекторные, зеркальные и галогенные. Все технические параметры лампы накаливания в сильной степени зависят от ее номинального напряжения и колебаний напряжения питающей сети в процессе эксплуатации лампы.

Чем ниже номинальное напряжение лампы и выше ее мощность, тем толще и прочнее должна быть ее нить накала, тем больший нагрев она может выдержать без нарушения допустимого предела прочности и тем экономичнее

лампа. Например, лампы мощностью 1000Вт и напряжением 220В имеют световую отдачу 18,6лм/Вт, а лампы 60Вт, 22 В -11,9лм/Вт. Лампы 40Вт, 220В имеют световую отдачу 10,0 лм/Вт, а лампы той же мощности на напряжение 12 В -15,5 лм/Вт.

Эффективность лампы может быть существенно повышена, если ее эксплуатировать не при номинальном, а при несколько повышенном напряжении. Каждый процент повышения напряжения увеличивает световой поток лампы на 3,5%, сокращая при этом примерно на 10% срок ее службы. Поэтому в прожекторных установках с малым числом часов горения в сезон их эксплуатации перекал ламп может дать существенную экономию за счет сокращения числа прожекторов, а срок службы ламп в данном случае не играет роли. Бывают случаи, когда, наоборот, приходится пренебрегать эффективностью лампы с целью удлинить срок ее службы, например, при установке ламп в труднодоступных местах.

*Люминесцентная лампа* представляет собой стеклянную трубку, в которой при установившемся режиме происходит разряд в парах ртути низкого давления, возбуждающий свечение люминофора, нанесенного на стенки лампы. Ртуть вводится в лампу в виде строго дозированной капельки, а для облегчения зажигания лампы трубка заполняется аргоном. На концах трубки впаяны вольфрамовые электроды, покрытые оксидом, а цоколи имеют по два штырьковых контакта. Для поддержания режима горения дуги необходимо иметь балластное сопротивление, включенное последовательно с лампой. В сетях переменного тока в качестве балласта используются дроссели и конденсаторы или комбинация того и другого. При этом, естественно, возникает временной сдвиг между током и напряжением и коэффициент мощности такой схемы составляет около 0,5. Балластные устройства комплектуются в общем корпусе и называются пускорегулирующей аппаратурой (ПРА).

Сетевое напряжение, при котором лампа работает в установившемся режиме, недостаточно для ее зажигания, т.е. для пробоя газового пространства

между электродами. Чтобы это стало возможным, необходимо или нагреть электроды, повысив тем самым эмиссию электронов, или сообщить лампе импульс повышенного напряжения.

Стартер представляет собой миниатюрную лампочку тлеющего разряда с неоновым наполнением, имеющую два биметаллических электрода. Нормально электроды разомкнуты, но при возникновении разряда в неоне они быстро разогреваются и, изгибаясь, замыкаются накоротко. После замыкания стартера ток, ограниченный только сопротивлением дросселя и электродов, имеет значение в 2-3 раза больше значения рабочего тока лампы.

Поэтому электроды лампы быстро разогреваются, а электроды стартера, тем временем остывая, размыкают цепь стартера. В момент разрыва цепи стартера в дросселе возникает импульс повышенного напряжения, что также способствует зажиганию лампы. Когда лампа зажглась, стартер вторично сработать не может, так как за счет потерь в ПРА напряжение на стартере и лампе падает примерно до половины значения сетевого напряжения, что соответствует номинальному напряжению лампы в рабочем режиме.



Рисунок 2.1 – Энергосберегающие лампы

*Светодиоды (СД)* – наиболее «молодые» источники света, принципиально отличающиеся от тепловых или разрядных излучателей. Эти полупроводниковые ИС, излучающие во всем видимом диапазоне очень



привлекательны с энергоэкологической точки зрения: срок службы до 100 тыс. ч, минимальное энергопотребление, отсутствие ртути и необходимости в ПРА.

До настоящего времени область применения светодиодов ограничивалась в основном устройствами сигнализации, световой индикации, системами отображения информации, а также ограниченным использованием в осветительной технике (для специального местного освещения, световой рекламы, установок типа «звездное небо»).



Рисунок 2.2– Светодиодная освещение

Светодиодные лампы становятся все более популярными, поэтому возник вопрос об использовании такого освещения в школах. О возможности введения новых ламп в образовательных учреждениях подумали ученые – гигиенисты – они провели соответствующие научные исследования и с участием взрослых, и с участием детей.

Специалисты отмечают, что это связано со спектральным составом диодного излучения – данный спектр ближе к естественному свету. Вторая причина кроется во влияющем на человеческий мозг уровне пульсации. Этого процесса практически не наблюдается при свечении диодных ламп. Выходит, что светодиодное искусственное освещение создает наиболее приятную, комфортную для детей световую среду, позволяющую ребятам лучше осваивать материал.

По результатам исследования было дан зеленый свет такому виду освещения в школах. Светодиоды показали себя лучше традиционных

люминесцентных ламп, поэтому остается лишь грамотно организовать такое освещение.

Благодаря своим качествам светодиодные лампы подходят для освещения не только в школах, но и больницах и других общественных помещениях. Они обладают высокоэкономичными характеристиками. Потребление энергии при замене обычных ламп на светодиодные снижается на 70%. Светодиоды не перегорают и имеют долгий срок службы, что позволяет исключить расходы по замене неисправных ламп. Эти свойства очень важны для государственных помещений, имеющих небольшие бюджеты.

*Пускорегулирующие аппараты.* Важным фактором уменьшения затрат ЭЭ в ОУ является снижение потерь в ПРА.

Основными преимуществами ЭПРА по сравнению с ЭмПРА с точки зрения энергосбережения являются не только снижение собственных потерь мощности, но и повышение до 50% световой отдачи и на 20-30% срока службы ламп и уменьшение расхода ЭЭ за счет значительного сокращения суммарной потребляемой мощности.

Учитывая это, можно констатировать, что в перспективе техника освещения будет базироваться в основном на использовании этого вида ПРА.

Европейская ассоциация производителей осветительных приборов CELMA предложила осуществлять поэтапное сокращение объемов выпуска и применения электромагнитных ПРА и широкомасштабное внедрение в новые системы освещения светильников, оснащенных энергоэкономичными ЭПРА.

До 2020 г. в странах Европейского Союза в установках внутреннего освещения с ЛЛ ожидают получить экономию до 12 млрд. кВт ч/год и снижение эмиссии CO<sub>2</sub> на ТЭС приблизительно на 6 млн. т/год. Реальная экономия электроэнергии в установках внутреннего освещения при широком использовании новых светильников с ЛЛ (с повышенной световой отдачей и с ЭПРА), а также регулирующих систем и эффективных методов естественного освещения может составить 75%, что обеспечит существенное снижение эмиссии CO<sub>2</sub>.

Для обеспечения реализации этой программы Европейский парламент издал специальную директиву, направленную на повышение эффективности использования ЭЭ, в которой сформулированы энергосберегающие требования к балластам для ЛЛ, а также выполнена классификация ПРА с точки зрения энергопотребления. При этом наиболее перспективными с энергетической, а также со светотехнической точек зрения являются комплекты ЛЛ типа T5 с ЭПРА класса А. Одновременно осуществляется 80%-е снижение выбросов в атмосферу. Европейская комиссия ставит задачу довести долю ЭПРА на рынке до 55%.

*Методы освещения.* Правильный выбор системы освещения на стадии проектирования ОУ является важным резервом энергосбережения.

Систему комбинированного освещения целесообразно использовать при необходимости обеспечения на рабочих местах высоких уровней освещенности и в тех помещениях, где площадь, приходящаяся на одно рабочее место, достаточно велика.

В помещениях с несимметричным расположением технологического оборудования и малой плотностью его размещения целесообразно применение локализованного размещения ОП при системе общего освещения[3].

При наличии в одном помещении рабочих зон и вспомогательных площадей все вспомогательные зоны следует освещать менее интенсивно, чем рабочие. Возможная экономия электроэнергии в зависимости от соотношения основных и вспомогательных площадей может составлять 20-30%.

В ОУ большой мощности и со значительной протяженностью сетей целесообразно использование напряжения 660/380 В (система с глухим заземлением нейтрали, без промежуточной трансформации) и специально предназначенные для этого ОП с ПРА на напряжение 380 В.

В мощных ОУ с разрядными лампами высокого давления (сотни и более кВт) для повышения коэффициента мощности целесообразно применение групповых компенсирующих трехфазных конденсаторов, исключающих необходимость коррекции  $\cos\phi$  в каждом светильнике.

Для помещений площадью более 50м<sup>2</sup> следует применять автоматическое регулирование искусственного освещения в зависимости от естественной освещенности.

*Эксплуатация осветительных установок.* Эффективное использование ЭЭ невозможно без рациональной эксплуатации ОУ. К сожалению, очень часто ОУ, потребляя равное количество ЭЭ, со временем перестает выполнять свои функции, т.к. уровень и качество освещения непрерывно ухудшаются из-за выхода из строя ламп, снижения их светового потока, снижения КПД светильников и деформации исходной КСС, а также ухудшения характеристик отражающих свет поверхностей и светопропускающих конструкций.

Правильная организация эксплуатации ОУ должна базироваться как на применении энергоэффективных изделий, так и определении рациональных режимов технического обслуживания ОУ. Ожидаемое реальное снижение расхода ЭЭ при этом может достигать 15-25%.

## **2.4.Выводы по главе 2**

1. Одним из вкладов в энергозатраты различных объектов является освещение. Особенно это актуально для дотационных социальных объектов. Ведь переход на энергоэффективное оборудование позволит экономить от 50 до 80% электроэнергии, а так же свести практически к нулю все эксплуатационные затраты. Одним словом, высокая энергоэффективность – это возможность экономии электроэнергии.

2. Повышение энергоэффективности ОУ неразрывно связано с задачей комплексного снижения затрат в ОУ, так как; для любого потребителя важно не только снижение энергоемкости, но и срок окупаемости затрат на новую или переоборудуемую ОУ. В конечном итоге эффективность ОУ определяется стоимостью световой энергии, генерируемой за срок службы ОУ и в значительной степени зависящей от затрат на электроэнергию.

3. Экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм освещенности, отключения части световых приборов или

отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

4. Благодаря своим качествам светодиодные лампы подходят для освещения не только в школах, но и больницах и других общественных помещениях. Они обладают высокоэкономичными характеристиками. Потребление энергии при замене обычных ламп на светодиодные снижается на 70%. Светодиоды не перегорают и имеют долгий срок службы, что позволяет исключить расходы по замене неисправных ламп. Эти свойства очень важны для государственных помещений, имеющих небольшие бюджеты.

## **Глава 3. Энергоаудит как инструмент энергосбережения**

### **3.1. Энергоаудит осветительных установок**

Энергоаудит – это обследование осветительной установки предприятия с целью определения рациональности энергоиспользования, оценки потенциала энергосбережения и разработки наиболее эффективных способов его реализации[6].

Энергетическое обследование – обследование потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) с целью установления показателей эффективности их использования и разработки экономически обоснованных мер по их повышению[7].

Энергетические обследования проводятся с целью оценки эффективности использования электрической энергии (ЭЭ) в осветительных установках (ОУ) предприятий и учреждений, снижения затрат ЭЭ потребителей на нужды электрического освещения, разработки и реализации энергосберегающих решений и мероприятий. Энергетические обследования систем освещения предприятий (организаций) должны проводиться не реже одного раза в 5 лет. По его результатам составляется или обновляется энергетический паспорт ОУ предприятия.

Энергетические обследования, направленные на решения следующих задач:

- ‡ определение соответствия ОУ требованиям СНиП 23-05-95\*;
- ‡ оценка фактического потребления ЭЭ, выявление резервов экономии ЭЭ в системах освещения предприятия;
- ‡ оценка технического состояния ОУ и составляющего ее оборудования, состояния свето-проемов и использования естественного освещения, рациональности использования искусственного электрического освещения, наличие и функционирование систем автоматического регулирования электрического освещения;

- ▣ выявление и оценка потенциала экономии ЭЭ в системах электрического освещения;
- ‡ разработка мероприятий по реконструкции систем освещения, направленных на оптимальную организацию освещения рабочих мест на предприятии и снижение потребления ЭЭ в ОУ;
- ‡ определение рационального потребления ЭЭ на нужды освещения предприятия;
- ‡ определение требований к ОУ в соответствии с ее функциональным назначением, характером производственного процесса и видом зрительной работы персонала предприятия.

### **3.2. Основные сведения об учреждении**

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 32 г. Томска представляет собой одно административное трехэтажное здание, объемом 23362 м<sup>3</sup>, общей площадью 4952,6 м<sup>2</sup>. Располагается по адресу: 634034, г. Томск, ул. Пирогова, 2

МАОУ СОШ № 32 г. Томска - образовательное учреждение, работающее в инновационном режиме. С 2011г. и по настоящее время в образовательном учреждении реализуется инновационная программа «Построение развивающей образовательной среды школы для формирования УУД и продвижения ребенка», которая определила основные направления инновационной деятельности педагогического коллектива, сетевого педагогического сообщества, а именно:

- ‡ реализация инновационного проекта МИП «Разработка и апробация модели деятельности школы как центра гражданско – патриотического, духовно – нравственного воспитания школьников в условиях ФГОС и расширения внеурочного пространства школы № 32»;
- ‡ апробация и развитие сетевой модели ресурсной лаборатории по музейной педагогике (совместно с ТДС, ТГПУ, ТГУ, ОУ города Томска;



- ▣ апробация модели ППС и научно – методического сопровождения реализации проекта; апробация программы мониторинговых исследований; апробация комплексной программы «Духовно – нравственное воспитание обучающихся школы 32»);
- ‡ реализация модели внеурочной деятельности, психолого-педагогического сопровождения урочной и внеурочной деятельности в рамках ФГОС НОО; расширение содержания образования;
- ‡ апробация сетевых моделей образования (в том числе и собственных моделей и сетей);
- ‡ разработка и реализация концепции математического образования в рамках модели «детский сад – школа - вуз»;
- ‡ реализация модели государственно-общественного управления образовательным учреждением, механизмов взаимодействия Управляющего совета и органов ученического самоуправления; сетевой образовательной программы по подготовке общественных управляющих «Учимся управлять вместе»; апробация модели психолого-педагогического сопровождения деятельности обучающихся в органах ученического, государственно-общественного управления; разработка и апробация коучпрограммы «От инновационных моделей к инновационной школе»; разработка и апробация мониторинга деятельности Управляющего совета.

Инновационная деятельность образовательного учреждения и ее результаты неоднократно становились предметом экспертизы педагогической общественности муниципального образования «Город Томск», Томской области, Российской Федерации, следствием чего стало присвоение ей разных статусов и наград.

МАОУ СОШ № 32 г. Томска является активным участником и организатором ряда образовательных событий различного уровня:

- ☐ организация работы секций в рамках международной конференции «Наука и образование», всероссийской конференции «Социально – педагогическая работа с семьей»;
- ‡ проведение заседаний научного педагогического общества в области воспитания и дополнительного образования;
- ‡ обучающие занятия для членов ГОУ ООУ г. Томска, организация работы секций в рамках ежегодной городской научно-практической конференции «Инновации в дополнительном образовании детей и воспитательной работе общеобразовательных учреждений», организация секций в рамках региональных Духовно – исторических чтений ;
- ‡ 2014 год Ресурсно – внедренческий конкурс инноваций Томской области;
- ‡ 2014 год Базовая площадка регионального проекта "Создание региональной сети школьных предприятий в качестве ресурса для формирования предпринимательской компетентности детей и молодежи Томской области".

### **3.3. Результаты энергетического обследования осветительных установок средней общеобразовательной школы №32**

#### **3.3.1. Оборудование помещений**

##### **Осветительные установки (ОУ)**

1-этаж:

коридор 40 светильников ЛПО 2х36,

- кабинет №20: 6 светильников ЛН 1х95,2 светильника ЛПО -1х32;
- кабинет №21: 8 светильников ЛН 1х95,2 светильника ЛПО -1х32;
- кабинет №24: 6 светильников ЛН 1х95,2 светильника ЛПО -1х32;
- кабинет №26: 6 светильников ЛН 1х95,2 светильника ЛПО -1х32;
- кабинет №27: 6 светильников ЛН 1х95,2 светильника ЛПО -1х32;

2- этаж:

- коридор: 12 светильников ЛПО 2х36;

- кабинет №9:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32;
- кабинет №10:4 светильников ЛН 1х95,
- кабинет №11:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №12:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №14:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №15:8 светильников ЛН 1х95, 1 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №16:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №17:8 светильников ЛН 1х95, 2 светильника ЛПО -1х32

3-этаж:

- коридор: 6 светильника ЛПО 2х36;
- кабинет №4: 8 светильников ЛН 1х95; 1 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №5: 8 светильников ЛН 1х95; 2 светильника ЛПО -1х32
- кабинет №6: 6 светильников ЛН 1х95; 2 светильника ЛПО -1х32

### **3.3.2. Характеристика помещений**

Окраска поверхностей помещений и мебели соответствует рекомендациям нормативных документов. Стены помещений окрашены в светлые тона, мебель в классах преимущественно коричневого света.

### **3.3.3. Результаты инструментального обследования**

Результаты измерения освещенности и пульсаций освещенности на рабочих местах приведены в таблице № 3.1

### **3.3.4. Средства измерения**

При проведении инструментального обследования использовалось следующее средство измерения:

**Люксметр+Яркомер+Пульсметр «Эколайт-01»**

Диапазон измерения:

освещенности, лк ..... 1 ÷ 200000 лк

коэффициента пульсации, % ..... 1 ÷ 100%

### 3.3.5. Освещенность рабочих мест

Фактические значения освещенности на рабочих местах приведены в таблице 3.1. Нормам освещенности на рабочих местах в классных комнатах соответствует 20% кабинетов.

### 3.3.6. Показатель дискомфорта

Сведения о технических состояниях осветительных установок (ОУ) классных комнат и кабинетов школы представлены в таблице 3.1. заполнение которой осуществлялось на основе осмотра ОУ помещений школы и данных предоставленных документов.

### 3.3.7. Установленная мощность:

$$P_i = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N, [\text{Вт}] \quad (3.1)$$

где  $P_i$  – мощность осветительной установки;  $i$ -го помещения в обследуемом объекте;  $K_{\text{пра}}$  – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;  $P_{\text{л}}$  – мощность лампы;  $N$  – количество однотипных ламп в осветительной установке  $i$ -го помещения.

### 3.3.8. Годовое энергопотребление:

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n W_{\Sigma i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\Sigma i} \cdot k_{\text{и}i}, [\text{кВт} \cdot \text{ч}] \quad (3.2)$$

где  $W_{\Sigma}$  – суммарное годовое потребление электроэнергии;  $W_{\Sigma i}$  – годовое потребление ОУ  $i$ -го помещения;  $T_{\Sigma i}$  – годовое число часов работы системы  $i$ -го помещения;  $k_{\text{и}i}$  – коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ  $i$ -го помещения ( $k_{\text{и}i}=1$ ).

Примем: количество часов работы искусственного освещения в год  $T_{\Sigma} = 1300$  часов (на примере административных зданий); коэффициент естественной освещенности соответствует норме, коэффициент использования 0,92.

### 3.3.9. Расчет потенциала экономии ЭЭ при установке эффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

$$Q = Q \cdot (1 - K \cdot N_{пра} / K_{пра}), [\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}] \quad (3.3)$$

где  $K_{пра}$  – коэффициент потерь в ПРА существующих светильников системы освещения;  $K_{пра}^N$  – коэффициент потерь в устанавливаемых ПРА.

### 3.3.10. Расчет потенциала экономии ЭЭ при переходе на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/Вт).

$$Q = Q_2 \cdot (1 - K_{ис} / K_3), [\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}] \quad (3.4)$$

где  $K_{ис}$  – коэффициент эффективности замены типа источника света;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока лампы в течение срока службы (при замене ламп с близким по значению  $k_3$ , но с разной эффективностью,  $k_3$  исключается или корректируется, кроме случая, когда обследование проводится после групповой замены источников света). Коэффициент эффективности находится по следующей формуле:

$$K_{ис} = \eta / \eta_N \quad (3.5)$$

где  $\eta$  – световая отдача существующего источника света, лм/Вт;  $\eta_N$  – световая отдача предлагаемого к установке источника света, лм/Вт.

Таблица 3.1 . – Характеристики осветительных установок классных комнат и кабинетов школы

Объект	Площадь, м <sup>2</sup>	Освещенность на рабочем месте, лк		$K_{пульс}$	Установленная мощность, Вт	Годовое потребление ЭЭ, кВт*ч/год	Потенциал экономии ЭЭ при переходе на другой тип источника света, кВт*ч/год
		фактическая	Нормируемая (СНиП 23-05-95)				

Объект	Площадь, м <sup>2</sup>	Освещенность на рабочем месте, лк		K <sub>пульс</sub>	Установленная мощность, Вт	Годовое потребление ЭЭ, кВт*ч/год	Потенциал экономии ЭЭ при переходе на другой тип источника света, кВт*ч/год
		фактическая	Нормируемая (СНиП 23-05-95)				
1 этаж							
№20 кабинет	52,6	123	400	7	648,08	775,1	666,5
№21 кабинет	47,4	117	400	8	838,08	1002,3	861,9
№24 кабинет	47,4	120	400	7	648,08	775,1	666,5
№26 кабинет	47,4	116	400	7	648,08	775,1	666,5
№27 кабинет	50,3	122	400	15	648,08	775,1	666,5
2 этаж							
№9 Кабинет	53,2	150	400	6	838,08	1002,3	861,9
№10 Кабинет	29,7	120	400	7,5	570	681,7	586,2
№11 Кабинет	46,5	70	400	7,7	838,08	1002,3	861,9
№12 Кабинет	47,6	155	400	6	838,08	1002,3	861,9
№14 Кабинет	47,1	123	400	7	838,08	1002,3	861,9
№15 Кабинет	46,6	181	400	8	799,04	955,6	821,8
№16 Кабинет	47,8	125	400	7	838,08	1002,3	861,9
№17 Кабинет	50,1	125	400	6	838,08	1002,3	861,9
3 этаж							
№4 Кабинет	48,8	77	400	10,15	799,04	955,6	821,8
№5 Кабинет	49,1	86	400	7,3	838,08	1002,3	861,9
№6 Кабинет	63,8	90	400	9,1	838,08	1002,3	861,9

Объект	Площадь, м <sup>2</sup>	Освещенность на рабочем месте, лк		K <sub>пульс</sub>	Установленная мощность, Вт	Годовое потребление ЭЭ, кВт*ч/год	Потенциал экономии ЭЭ при переходе на другой тип источника света, кВт*ч/год
		фактическая	Нормируемая (СНиП 23-05-95)				
Коридоры							
1 этаж левое крыло	148,2	208	150	25	3513,6	4202,2	336,1
1 этаж правое крыло	151,2	247	150	22	3513,6	4202,2	336,1
2 этаж левое крыло	156,5	92	150	50	1054,08	1260,6	100,8
3 этаж правое крыло	90,9	109	150	50	527,08	630,3	50,4
Итого					21559,56	25784,4	14142,2

Переход с ЛН на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/вт), например *экономия за счет перехода на светодиодный светильник, мощности 35,6Вт.*

Информация о типах, количестве осветительных приборов и мощности источников света, применяемых в помещениях, приведена в таблиц 3.2.

*Таблица 3.2. – Параметры ОУ помещений школы*

Объект	Тип, мощность источника света	Количество светильников	Установленная мощность, Вт
1 этаж	ЛЛ, 36 Вт ЛН, 95Вт ЛЛ, 32 Вт	40 - 2х36 32- 1х95 10-1х32	3513,6 3040 390,4
2 этаж	ЛЛ, 32 Вт ЛН, 95Вт ЛЛ, 36 Вт	13- 1х32 60- 1х95 12-2х36	507,5 5700 1054,08
3 этаж	ЛН, 95 Вт ЛЛ, 36 Вт ЛЛ, 32 Вт	22- 1х95 6- 2х36 5- 1х32	2090 527,04 195,2



Объект	Тип, мощность источника света	Количество светильников	Установленная мощность, Вт
<b>Итого</b>	ЛН, 95Вт ЛЛ, 36 Вт ЛЛ, 32 Вт	114- 1х95 58-2х36 28-1х32	10830 5094,7 1093,12

### **3.4. Потенциал экономии ЭЭ в ОУ. Рекомендации по реконструкции ОУ.**

#### **Мероприятия, направленные на удовлетворение требованиям СНиП 23-05-95:**

- ‡ Повышение КПД существующих осветительных приборов в итоге их чистки.
- ‡ Повышение эффективности применения отражённого света. Увеличение показателей отражения поверхностей помещений на 20% и больше (покраска в больше ясные тона, побелка, мойка) разрешает экономить 5-15% электроэнергии, в итоге увеличения уровня освещенности от обычного искусственного освещения. Эффективность данного мероприятия зависит от большого числа факторов: размеры помещения, показатели отражения поверхностей помещения, расположение светопроемов, показатель обычной освещенности (КЕО), режим работы людей в помещении, светораспределение и расположение светильников.

#### **Мероприятия, направленные на экономию ЭЭ:**

- ‡ Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/вт).
- ‡ Повышение эффективности использования электроэнергии при автоматизации управления освещением.
- ‡ Установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) экономит до 25% электроэнергии.

☒ Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Для точной оценки экономии электроэнергии необходимо производить светотехнический расчет освещенности для предполагаемых к установке светильников методом коэффициента использования или точечным методом.

‡ Применение систем естественного освещения экономия достигает 50%.

### **3.5. Выводы по главе 3**

1. Энергоаудит – это обследование осветительной установки предприятия с целью определения рациональности энергоиспользования, оценки потенциала энергосбережения и разработки наиболее эффективных способов его реализации.

2. Энергетические обследования проводятся с целью оценки эффективности использования электрической энергии (ЭЭ) в осветительных установках (ОУ) предприятий и учреждений, снижения затрат ЭЭ потребителей на нужды электрического освещения, разработки и реализации энергосберегающих решений и мероприятий

## **Глава 4. Проект реконструкции установки искусственного освещения средняя общеобразовательная школа №32, г. Томска**

### **4.1. Объект исследования**

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 32 г. Томска представляет собой одно административное трехэтажное здание, объемом 23362 м<sup>3</sup>, общей площадью 4952,6 м<sup>2</sup>. Располагается по адресу: 634034, г. Томск, ул. Пирогова, 2



Рисунок 4.1 – №32 школа г. Томска

### **4.2 Освещение мест общего пользования**

Для снижения потребления электроэнергии предлагаемая система управления автоматически переводит освещение коридоров, холлов и зон отдыха в экономичный режим работы во время уроков. Для этого по заложенному в компьютере расписанию звонков специальный контроллер управления освещением K2000T переключает соответствующие светильники в режим пониженной яркости (10-20% от номинального значения).

Можно использовать следующие светильники: ·

- с люминесцентными лампами серии T8: 1x18Вт, 2x18Вт, 1x36Вт, 2x36Вт и любые другие с диммируемым ЭПРА; ·
- с люминесцентными лампами серии T5: 1x14Вт, 2x14Вт и любые другие с ЭПРА; ·
- с компактными люминесцентными лампами серий TC-L, PL и прочих мощностью 11Вт, 13Вт, 18Вт, 24Вт одно-и двухламповые с ЭПРА; ·
- любые светодиодные светильники, источник питания которых имеет вход для управления световым потоком (диммированием) 1 – 10В.

В качестве детектора наличия человека можно использовать:

- инфракрасные датчики движения; ·
- акустические датчики, выполненные в виде отдельного устройства; ·  
обычные кнопки; ·
- не использовать датчики движения вообще или использовать только в некоторых помещениях.

Принцип действия системы управления освещением основан на том, что контроллер K2000T включает в нужное время соответствующие каналы освещения и поддерживает их яркость на запрограммированном уровне. При срабатывании датчика движения (или нажатии кнопки на этаже) освещение данного участка автоматически переводится в режим 100% яркости с задержкой на отключение от 20 сек до 6 мин. Количество светильников на этаже может быть любым.

Преимущества данного варианта системы управления:

- работа с любыми типами ламп;
- работа с любыми типами датчиков движения;
- переход на светодиодное освещение осуществляется без замены системы автоматики школы (полная совместимость);

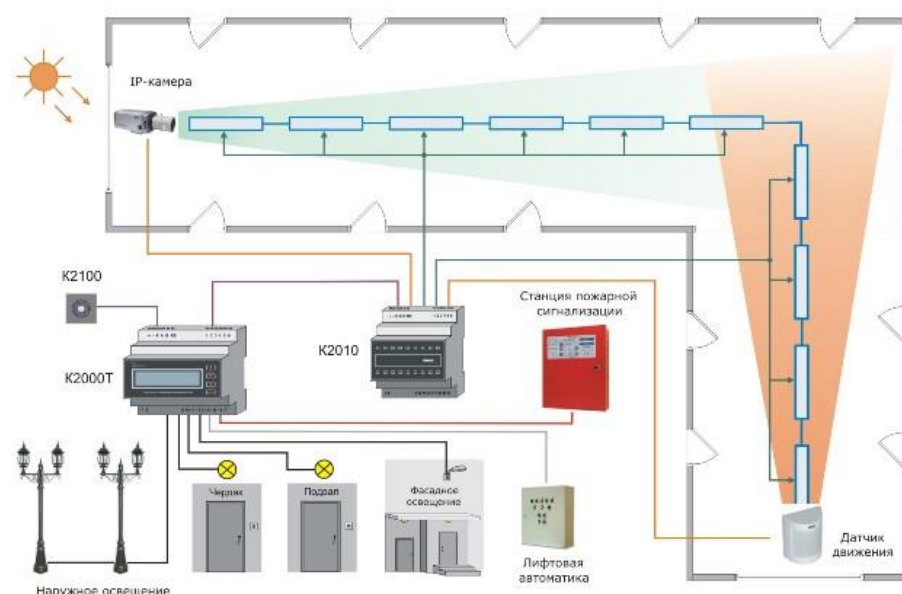


Рисунок 4.2- Система управление освещением МОП в комплексе с системой подачи звонков.

Если систему дополнить датчиками движения, то в случае появления человека во время урока в этих зонах, контроллер автоматически плавно увеличит световой поток соответствующей группы светильников, создавая возможность комфортного передвижения. Во время перемены освещение работает в обычном режиме. Предусмотрена связь с системой пожарной сигнализации здания – при возникновении пожара контроллер переводит систему освещения мест общего пользования в режим номинальной яркости для обеспечения нормальной эвакуации людей из здания школы.

#### 4.3. Освещение учебных классов и аудиторий

В целях создания комфортных условий в учебных аудиториях и экономии электроэнергии рекомендуем использовать автоматические системы управления освещением. При использовании автоматизированной системы управления освещением используются светильники с датчиками регулирования уровня освещённости. В светильниках применяется электронная ПРА с автоматическим поддержанием заданного уровня освещенности. К электронной ПРА подключается датчик естественного уровня освещенности, который

фиксирует интенсивность внешнего освещения поступающий через окна. В ясную солнечную погоду светильник автоматически уменьшает световой поток, в пасмурную погоду или темное время суток светильник автоматически увеличивает световой поток. Регулировка происходит плавно, почти незаметно для человеческого глаза, в пределах от 5 до 100% светового потока лампы. При регулировании поддерживается заданный нормативный уровень освещенности.

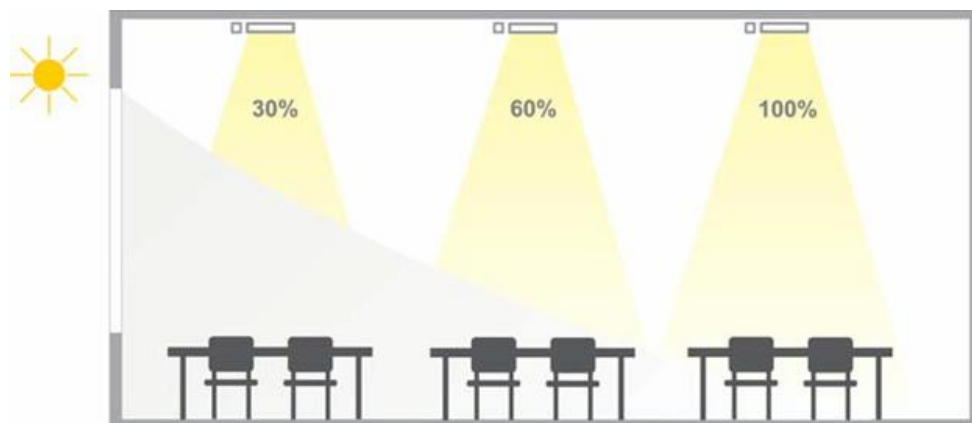


Рисунок 4.3- Работа светильников в ясную солнечную погоду.

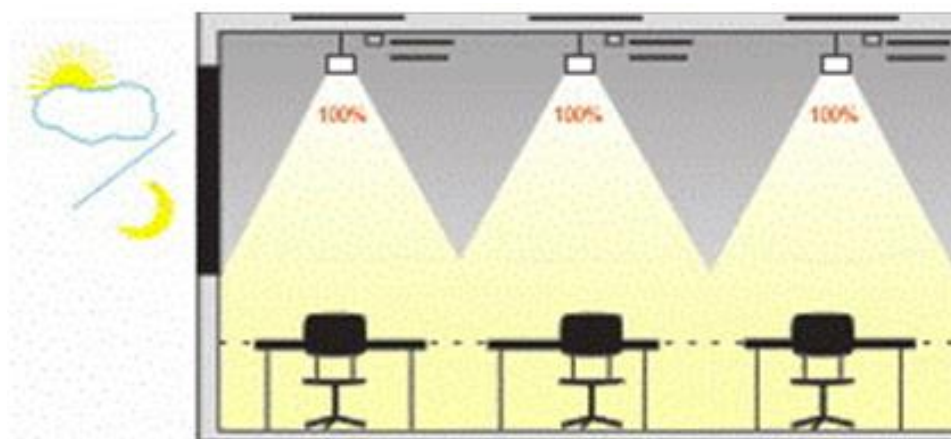


Рисунок 4.4-Работа светильников в пасмурную погоду и темное время суток

К сожалению, решение вопроса о дополнительном автоматическом включении искусственного освещения до сих пор зависит исключительно от индивидуального отношения к этому преподавателей, среди которых еще широко распространено мнение о вреде смешанного освещения, и они предпочитают заниматься даже в полумраке. Это очень вредно для человеческого глаза, так как приспособление к низкому освещению

сопровождается его чрезмерным напряжением. При частом повторении это может быть одной из причин ухудшения зрения. Между тем, исследования, показывают, что смешанное освещение безвредно. Надо лишь заботиться о том, чтобы при смешанном освещении не ощущалось два, совершенно отдельных, световых потока.

Поэтому для того, чтобы избежать субъективизма во включении дополнительного искусственного освещения, лучшим и перспективным решением является применение системы регулирования искусственного освещения, автоматически включающего искусственное освещение при понижении уровня естественного освещения в наиболее отдаленной от окна точке помещения ниже 400лк.

#### **4.4. Моделирование системы освещения учебных классов с использованием светодиодных светильников.**

##### **4.4.1. Основные требования.**

Основные требования к осветительной установке школ указаны в СанПин и СНиП где нормируются количественные и качественные характеристики осветительной установки. Так, кроме наименьших значений горизонтальной освещенности для основных помещений нормируются значения показателя дискомфорта и коэффициента пульсации освещенности.

Согласно требованиям, горизонтальная освещенность на рабочих столах и партах (уровень 0,8 м) в классных комнатах, аудиториях, учебных кабинетах, лабораториях общеобразовательных школ должна составлять 500лк. Значение показателя дискомфорта должен быть не более 40.

##### **4.4.2. Светотехнический расчет**

Программный комплекс DIALux позволяет сделать светотехнический расчет с учетом светового всего светового потока, материалов отражающих и поглощающих поверхностей и т.д.

К основным возможностям расчета освещения в данном программном комплексе относятся: освещение внутри помещений, архитектурное освещение, уличное освещение и аварийное освещение.

При помощи программы расчета освещенности DIALux 4,12 был произведен расчет для типовой учебной аудитории общеобразовательного учреждения. На рисунке 4.5. изображено расположение мебели и осветительных приборов в аудитории.

Размер помещения:

- Длина –5,95м
- Ширина-8,45м
- Высота-3м

Коэффициент отражения поверхностей:

- Пол -20%
- Потолок -70%
- Стенки -50%

Используемые светильники – Varton V1-E0-00070-01000-2003639, количество 9шт.

Средняя освещенность на рабочей плоскости составляет 463лк.

Трехмерная модель типового учебного кабинета и коридора представлена на рисунке 4.5 и 4.6.



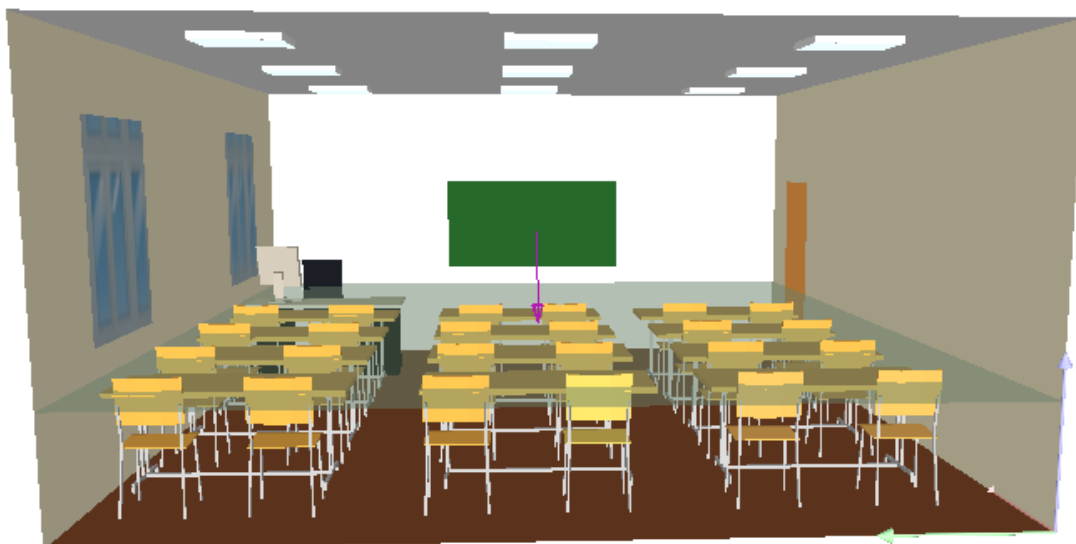


Рисунок 4.5 - Трехмерная модель типового учебного кабинета

Как видно из рисунка 4.6, при создании внутренней сцены в программе DIALux, трехмерные модели типовой учебной аудиторий строятся с помощью стандартных элементов, путем задания им необходимых размеров и геометрической формы.

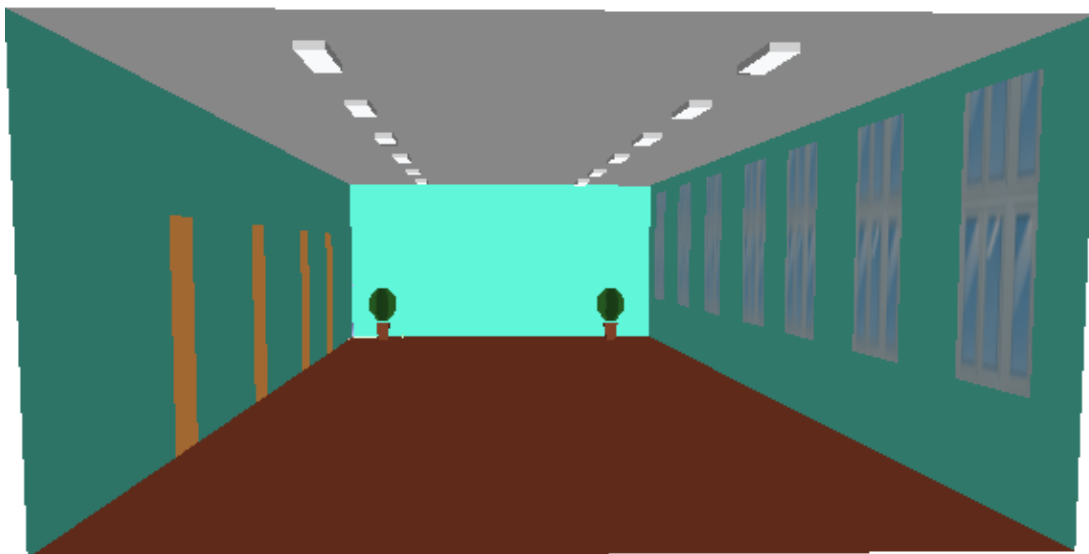


Рисунок 4.6- Трехмерная модель коридора

Для расчета типового учебного кабинета и коридора, как показано на рисунках 4.7 и 4.8, необходимо ввести проект тип и количество светильников, а также задать их расположение.



Рисунок 4.7- Освещение типового учебного кабинета



Рисунок 4.8- Освещение коридора

При проектировании освещения типового учебного кабинета и коридора, были использованы светильники, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.3 – Ведомость светильников

Наименование	Световой поток, лм.	Потребляемая мощность, Вт.	Количество, шт.
Varton V1-E0-00070-01000-2003639	2959	36	144
Varton V1-E0-00270-60000-2001839	1630	21	32
Ledel L- school 32/2300/23/220AC/D/OS/4.0K S	2254	23	40

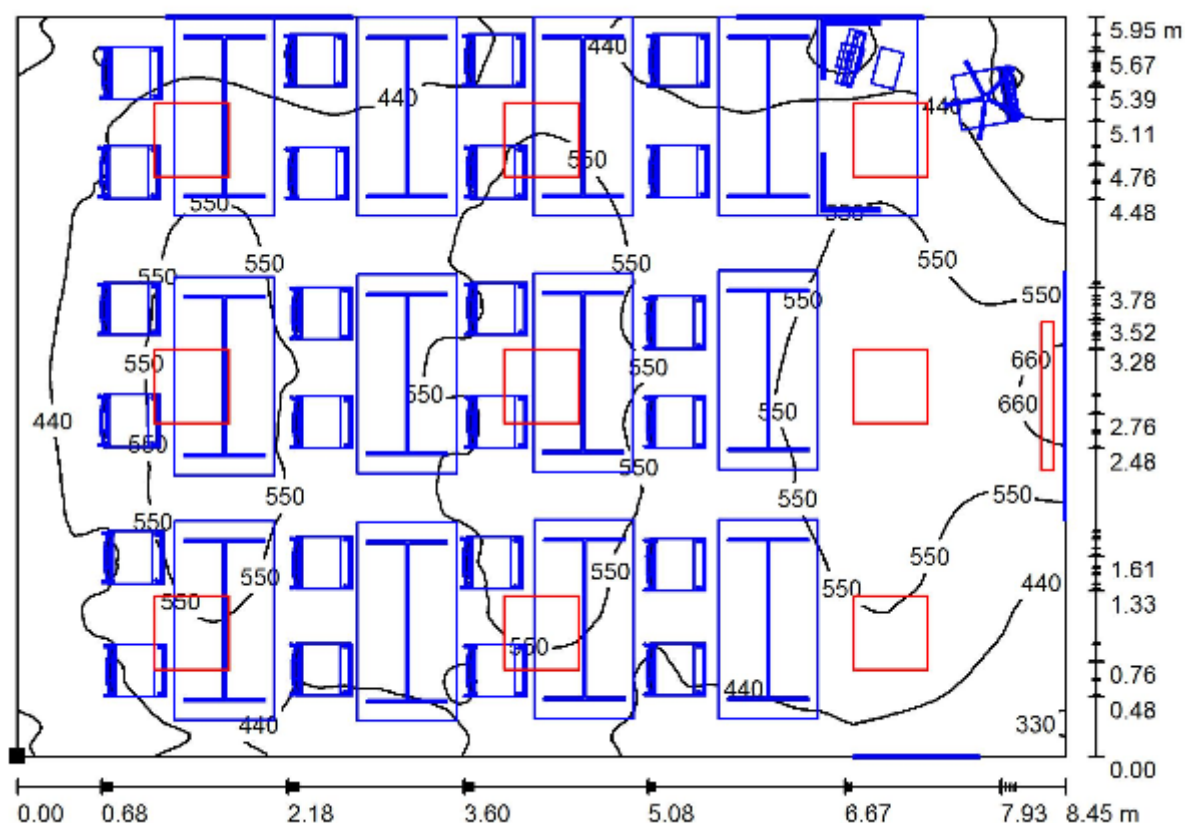


Рисунок 4.9- Распределение освещенности в фиктивных цветах.

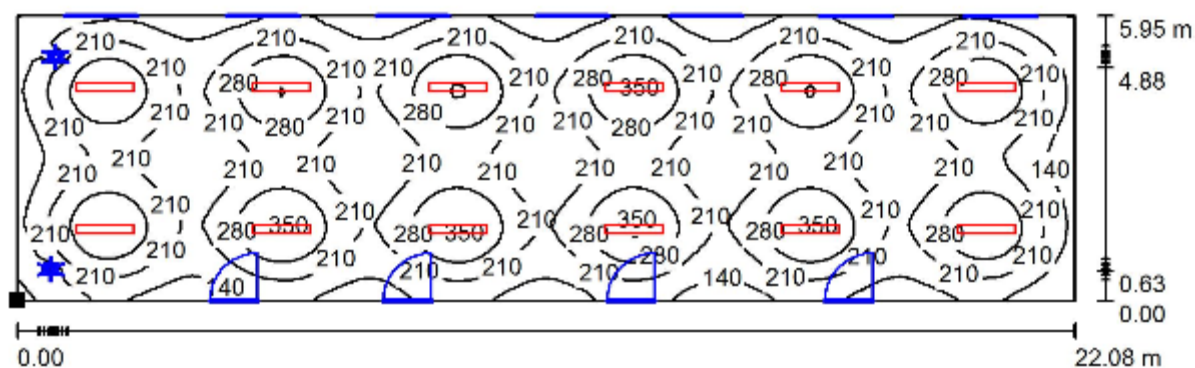


Рисунок 4.9- Распределение освещенности в фиктивных цветах

#### **4.4.3. Показатель дискомфорта**

Для регламентации зон с повышенной яркостью, создающих ощущение дискомфорта, используется показатель дискомфорта – М.

В настоящее время для оценки дискомфортной блёскости используется рекомендованный МКО обобщенный показатель блёскости UGR, позволивший перейти от качественной оценки дискомфортной яркости к расчетному показателю.

Показатель дискомфорта и объединенный показатель дискомфорта связаны между собой формулой 4.1

$$M = 10 \frac{URG + 4.8}{16}, \quad (4.1)$$

Для учебных помещений нормируется показатель дискомфорта и его значение должно быть  $M \leq 40$ . Показатель дискомфорта нормируется на расстоянии 1 метра от торцевой стены на высоте 1,5 м.

Посредством программы Dialux 4.12 возможно вычислить объединенный показатель дискомфорта UGR, расположив UGR-наблюдателей в необходимых точках. Затем, с помощью таблицы взаимосвязи показателей определяем значение дискомфорта М.

В помещении были расположены UGR-наблюдатели на рабочих местах за партами с направлением угла зрения на доску, а также в нормируемой точке – на расстоянии 1 метра от торцевой стены на высоте 1,5 метра.

#### **4.5 Электрический расчет осветительной сети**

В систему освещения объекта входят все осветительные установки, а также сеть их питания и управления (включая щитки управления). Схема электрической сети для выбранного способа освещения разрабатывается после окончательного утверждения спецификации приборов, их размещения и режимов работы. Вся система делится на группы согласно их размещению, потреблению энергии и режимам работы. Для каждой группы рассчитывается

питающая сеть, путь прокладки кабеля, способы автоматического или ручного управления.

На основании значений электрических нагрузок осуществляется расчет осветительных сетей и выбор электрооборудования. Сечение проводника в сети до 1000В, в основном, зависит от величины расчетного тока. Также на этот параметр, влияют необходимость защиты сети от перегрузки, температурные условия окружающей среды, тип изоляции проводника и т.д.[20].

Расчетные токи, а также распределения нагрузок по ТП приведены в таблице 4.2. На основании этих данных был произведен выбор сечений питающих кабелей и коммутационных аппаратов. Для групп ОП питающихся:

- от ТП №1 был выбран кабель марки ВВг 3х1,5 и автоматические выключатели марки Legrand DX3-E 4П 125А;
- от ТП №2 была выбрана марка кабеля ВВг 3х1,5 и автоматические выключатели Legrand DX3-E 4П 40А.

Для наглядной демонстрации схемы питания ОУ была построена однолинейная схема, а также прорисована трассировка кабелей. Чертежи приведены в приложении Б.

Таблица 4.2 – Значения нагрузок и расчетных токов

№ гр.	№ ТП	Наименование ЭП	Кол-во ЭП	Устан. мощность Руст., кВт	K <sub>с</sub>	Cos φ	Расчетная мощность			Расч. ток I <sub>p</sub> , А $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}; I_p = \frac{S_p}{U_H}$
							Активная P <sub>p</sub> , кВт $P_p = K_c \cdot P_{уст}$	Реактивная Q <sub>p</sub> , квар $Q_p = K_c \cdot P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$	Полная S <sub>p</sub> , кВА $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	
1.1	1	Varton V1-E0-00070-01000-2003639	27	0,036	1	0,95	0,972	0,316	1,02	4,65
		Varton V1-E0-00270-60000-2001839	6	0,021	1	0,95	0,126	0,041	0,13	0,6
		Ledel L- school 32/2300/23/220AC /D/OS/4.0K S	12	0,023	1	0,95	0,276	0,091	0,29	1,32
2.1	2	Varton V1-E0-00070-01000-2003639	18	0,036	1	0,95	0,648	0,213	0,68	3,10
		Varton V1-E0-00270-60000-2001839	4	0,021	1	0,95	0,084	0,028	0,09	0,40
		Ledel L- school 32/2300/23/220AC /D/OS/4.0K S	12	0,23	1	0,95	0,276	0,091	0,29	1,32

## **Глава 5. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

### **Введение**

В данном разделе рассматривается экономический эффект от проектирования освещения школы с использованием светильников на основе светодиодных ламп.

Объект исследования – Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 32 города Томск.

Цель данного пред-проектного анализа – рассчитать расходы на реализацию освещения, включающие в себя, расчет капитальных вложений при использовании традиционных источников, расчет эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников, расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода и затраты на потребляемую электроэнергию.

### **5.1. Анализ энергопотребления и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения**

Анализ энергопотребления существующего осветительного оборудования и расчет экономии электроэнергии при модернизации системы освещения[13].

Анализ энергопотребления существующего осветительного оборудования произведен на основе данных производителей светильников и установленных в них ламп. Результаты анализа приведены в таблицах 5.1.

*Таблица 5.1- Результаты анализа*

Тип светильника	Мощность потребления светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность потребления, кВт
ЛН	95	114	10,830
ЛЛ	32	28	0,896
ЛПО2х36	98	58	5,684
Всего			17,410

Для модернизации системы освещения использованы светодиодные светильники следующих типов (Таблица 5.2).

Модернизация освещения осуществляется заменой светильников по принципу «точка на точку». Расчетное энергопотребление системы освещения после модернизации приведено в таблице 5.3.

*Таблица 5.2 - Для модернизации системы освещения использованы светодиодные светильники*

Тип светильника	Назначение	Мощность потребления светильника, Вт
V1-E0-00070-01000-2003639	Светильник светодиодный с улучшенной спектральной характеристикой для учебных классов	35,6
V1-E0-00270-60000-2001839	Светильник светодиодный для школьных досок	20,1
L-school 32 S	Светильник светодиодный накладной для коридоров	36

*Таблица 5.3 -Расчетное энергопотребление системы освещения после модернизации*

Тип светильника	Мощность потребления светильника, Вт	Количество светильников	Суммарная мощность потребления, кВт
Варгон V1-E0-00070-01000-2003639 (замена ЛН)	35	144	5,04
V1-E0-00270-60000-2001839 (замена ЛЛ)	21	30	0,63
Варгон V1-E0-00070-01A00-2003639 (замена ЛПО2х36)	36	40	1,44
Всего			7,11

Сопоставляя результаты пикового энергопотребления из таблиц 5.1 и 5.3, снижение потребления электроэнергии в результате модернизации составит 2,1 раза[13].



## **5.2. Требования к светильникам для модернизации системы освещения.**

### *5.1. Требования к конструкции световых приборов.*

-Конструкция светильников должна обеспечивать высокую пыле и влаго-защищенность по ГОСТ 14254-96 для исключения необходимости чисток и обслуживания в течение минимального срока службы;

-Конструкция и тип рассеивателей должны обеспечивать максимальное светопропускание;

-Конструкция оптической системы должна обеспечивать требуемый защитный угол относительно оптической оси по СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585 – 10;

Конструкция светильников должна обеспечивать простоту обслуживания (чистки поверхности выхода света).

### *5.2. Гигиенические требования.*

-Световые приборы должны соответствовать Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585 – 10 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. Изменения и дополнение № 1 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03»;

-Световая среда, создаваемая системой освещения, должна удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 и дополнениями[20].

### *5.3. Требования устойчивости к внешним воздействиям.*

-Световые приборы должны быть работоспособны в диапазоне окружающих температур от 0 до +50°C;

-Световые приборы должны быть работоспособны при относительной влажности воздуха до 100%.

### *5.4. Требования к техническим характеристикам.*

-Общие технические характеристики светового оборудования должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 5.4;

-Светильники в своем составе должны иметь электронную схему, обеспечивающую стабилизацию тока светодиодов во всем диапазоне температур эксплуатации и напряжения питания;

-Светильники должны иметь защиту от скачков напряжения сети переменного тока, превышающих по амплитуде максимальное значения напряжения питания на 20%;

-Кривая силы света светильников должна соответствовать высоте подвеса и одновременно удовлетворять требованиям равномерности освещенности на рабочей поверхности по СнП 23-05-95 при максимально возможном расстоянии между узлами расстановки светильников на потолке[18].

*Таблица 5.4- Общие технические характеристики светового оборудования*

Наименование	Единица измерения	Значение	Примечание
Напряжение питания переменного тока 47...53 Гц	В	220	160...260В
Мощность потребления, не более	Вт	30	Напряжение питания 220В±5В
Коэффициент мощности, не менее	cos φ	0,95	Напряжение питания 220В±5В
Степень защиты, не ниже		IP54	В рабочем положении
Мин. температура эксплуатации окр. среды, Токр	0С	-10	
Макс. температура эксплуатации окр. среды, Токр	0С	+60	
Эффективность, не менее	лм/Вт	140	Токр = 250С, Тс=4000К...4500К
Цвет и цветовая температура		Белый, 4000К	
Срок службы, не менее	лет	10	

### **5.3.Расчет экономии электроэнергии.**

Мощность, потребляемая на освещение(для лампы накаливания):

$$P_{\Sigma} = n_{л} \times P; \text{ кВт}$$

$P$ -мощность всех задействованных ламп, Вт;

$n_{\text{л}}$  – количество светильников.

$$P_{\text{лн}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 114 \times 95 = 10,83 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{сд}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 144 \times 35,6 = 5,04 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{лпо}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 58 \times 0,036 \times 2 \times 1,3 = 5,42 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{сд}\Sigma} = n_{\text{л}} \times P = 40 \times 0,036 = 1,44 \text{ кВт}$$

Потребляемая электроэнергия на освещение за год, кВт:

$$P_{\text{год.ээ}} = P_{\text{свет}\Sigma} \times t_{\text{раб}}; \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$t_{\text{раб}}$  – продолжительность работы светильника в году (12 часов в сутки).

$$P_{\text{год.ээлн}} = 10,83 \times 4380 = 47435,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээсд}} = 5,04 \times 4380 = 22075,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээлн}} = 5,42 \times 4380 = 23739,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$P_{\text{год.ээлн}} = 1,44 \times 4380 = 6307,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Стоимость суммарных затрат на электроэнергию за год, руб:

$$C_{\text{год}} = P_{\text{год.ээ}} \times C_{\text{ээ}}; \text{ руб}$$

$C_{\text{ээ}}$  – стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч.

$$C_{\text{год}} = 47435,4 \times 4,63 = 219626 \text{ руб};$$

$$C_{\text{год}} = 22075,2 \times 4,63 = 102208,17 \text{ руб}.$$

$$C_{\text{год}} = 23739,6 \times 4,63 = 109914,3 \text{ руб}$$

$$C_{\text{год}} = 6307,2 \times 4,63 = 29202,3 \text{ руб}$$

Средняя стоимость суммарных затрат на электроэнергию за месяц, руб:

$$C_{\text{мес}} = \frac{C_{\text{год.ээ}}}{12}; \text{ руб}$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{219626}{9} = 24402,9 \text{ руб};$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{102208,17}{9} = 11356,4 \text{ руб}.$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{109914,3}{9} = 12212,7 \text{ руб};$$

$$C_{\text{мес}} = \frac{29202,3}{9} = 3244,7 \text{руб};$$

Суммарное количество сэкономленной электроэнергии за год, кВт:

$$P_{\text{год.эк}} = P_{\text{год.ээЛН}} - P_{\text{год.ээСД}} = 47435,4 - 22075,2 = 25360,2 \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

$$P_{\text{год.эк}} = P_{\text{год.ээЛН}} - P_{\text{год.ээСД}} = 23739,6 - 6307,2 = 17432,4 \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Стоимость сэкономленной электроэнергии за год, руб:

$$C_{\text{год}} = P_{\text{год.ээ}} \times C_{\text{ээ}}; \text{руб}$$

$$C_{\text{год.эк}} = 25360,2 \times 4,63 = 117417,7 \text{руб}$$

$$C_{\text{год.эк}} = 17432,4 \times 4,63 = 80712,01 \text{руб}$$

#### 5.4.Расчет затрат.

Затраты на покупку ламп с учетом замены за год, руб:

$$C_{\text{закупки}} = n_{\text{л}}(C_{\text{лпо}} + C_{\text{л}} \times 2 + C_{\text{зам}} \times n_{\text{з}}), \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиЛН}} = 114(70 + 120 \times 1) = 21660 \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиСД}} = 144 \times 2500 = 360000 \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиЛПО}} = 58(624 + 30 \times 2 + 150 \times 1,3) = 50982 \text{руб}$$

$$C_{\text{закупкиСД}} = 40 \times 2180 = 87200 \text{руб}$$

Расчет окупаемости светодиодного освещения:

$$T = \frac{C_{\text{закупки(СД)}} - C_{\text{закупки(ЛН)}}}{C_{\text{мес.ээ(ЛН)}} - C_{\text{мес.ээ(СД)}}$$

$$T = \frac{360000 \text{руб} - 21660 \text{руб}}{24402,9 \text{руб/мес} - 15142 \text{руб/мес}} = \frac{338340}{9261} = 36,5 \text{мес} = 3 \text{год}$$

$$T = \frac{87200 \text{руб} - 50982 \text{руб}}{12212,7 \text{руб/мес} - 3244,7 \text{руб/мес}} = \frac{36218}{8968} = 4 \text{мес}$$

### 5.5. Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное в год для одного светильника

Наименование	Коридоры		Учебные классы и кабинеты	
	Светильники до замены:	Светильники после замены:	Светильники до замены:	Светильники после замены:
	ЛПО-2х36	Вартон V1-E0-00070-01A00-2003639	ЛН	Вартон V1-E0-00070-01000-2003639
Потребляемая светильником мощность активная, Вт	5,42	1,44	10,83	5,04
Время работы в сутки, час	12	12	12	12
Коэффициент спроса на освещение	0,70	0,70	0,70	0,70
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВт*ч	23,74	6,31	47,4	22,08
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63
Затраты на электроэнергию в год, руб.	109,91	29,20	219,63	102,21
Среднестатистическое количество ламп для замены в год, шт.	1,3		4,0	
Цена заменяемых ламп, руб.	140	-	70	-
Стоимость замены ламп, руб.	150		120	
Стоимость утилизации лампы, руб.	27		-	
Цена нового светильника для замены, руб		2180		2500
Затраты на замену ламп в год, руб.	824	0	760	0
Общие затраты на эксплуатацию светильников в год, руб.	933,91	29,20	979,63	102,21
Общая экономия потребляемой электроэнергии и затрат на замену в год, руб		904,71		877,42

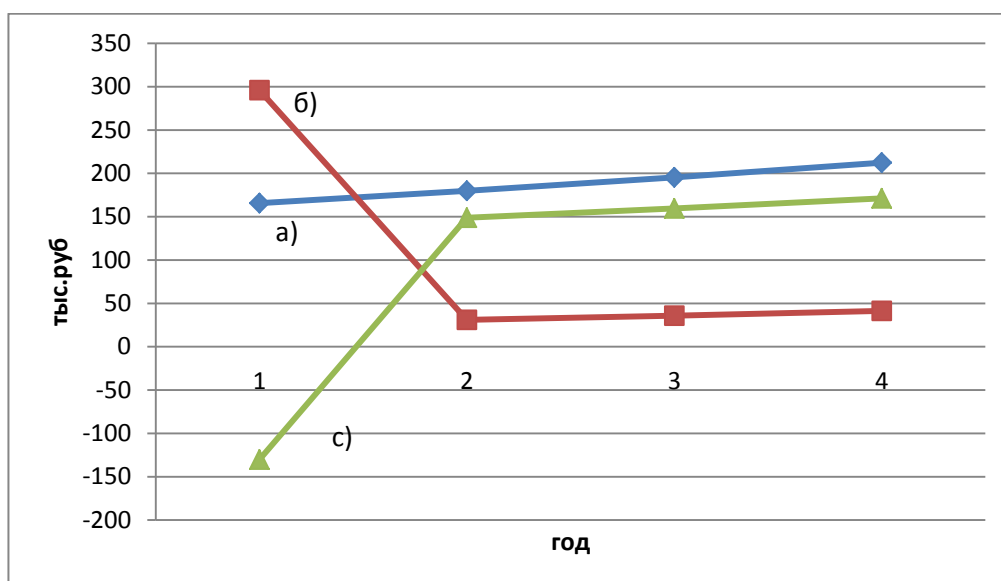
### 5.6.Расчет эффективности замены традиционного освещения на светодиодное для типовой школы

Наименование	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	ИТОГО
<b>Традиционное освещение</b>					
Количество светильников, всего (в том числе)	172	172	172	172	
Лампа накаливания,шт	114	114	114	114	
ЛПО 2х36,шт	58	58	58	58	
Затраты на электроэнергию и замену ламп (традиционное освещение) тыс.руб	165,7	165,7	165,7	165,7	662,8
Затраты на электроэнергию тыс.руб	31,3	31,3	31,3	31,3	157,2
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63	
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВтч,(в том числе)	6,77	6,77	6,77	6,77	27,08
Лампа накаливания,кВтч	1,37	1,37	1,37	1,37	5,48
ЛПО 2х36,кВтч	5,403	5,403	5,403	5,403	21,612
Затраты на замену ламп (традиционное освещение)тыс.руб (в том числе)	134,4	134,4	134,4	134,4	537,6
Лампа накаливания, тыс.руб	86,6	86,6	86,6	86,6	346,4
ЛПО 2х36,тыс.руб	47,8	47,8	47,8	47,8	191,2
<b>Светодиодное освещение</b>					
Количество светильников	184	184	184	184	
Вартон V1-E0-00070-01000-2003639,шт	144	144	144	144	

V1-E0-00070-01A00	40	40	40	40	
Затраты на электроэнергию и замену светильников (светодиодное освещение),тыс.руб	174,68	15,88	15,88	15,88	222,32
Затраты на электроэнергию,тыс.руб	15,88	15,88	15,88	15,88	63,52
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,63	4,63	4,63	4,63	
Годовое потребление электроэнергии (среднее), кВтч (в том числе)	3,43	3,43	3,43	3,43	13,72
V1-E0-00070-01000-2003639,кВтч	3,18	3,18	3,18	3,18	12,72
V1-E0-00070-01A00	0,252	0,252	0,252	0,252	1,008
Первоначальные затраты на замену светильников (светодиодное освещение),тыс.руб	158,8				635,5
V1-E0-00070-01000-2003639,тыс.руб	147,2	147,2	147,2	147,2	588,8
V1-E0-00070,тыс.руб	11,68	11,68	11,68	11,68	46,72
Чистый эффект от применения светодиодного освещения,тыс.руб	-8,98	149,82	149,82	149,82	440,48
Коэффициент дисконтирования	0,900	0,810	0,729	0,656	
	11%	11%	11%	11%	11%
Чистый дисконтированный доход, тыс.руб	-8,09	121,35	109,21	98,2	320,67

Таблица 5.7-Показатель эффективности

Чистый дисконтированный эффект	320,67
Простой период окупаемости	3год



**Рисунок 5.1- Оценка эффективности светодиодного освещения.**

**а-** затраты на электроэнергию и замену ламп (традиционное освещение), **б-** затраты на электроэнергию и замену светильников (светодиодное освещение), **с-** чистый эффект от применения светодиодного освещения.



## **Глава 6. «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

### **Введение**

Основополагающими элементами в комплексе мероприятий направленных на совершенствование условий труда для работников, является минимизация вероятности воздействия на них поражающих и вредных производственных факторов, а так же обеспечение комфортной рабочей среды.

В данном разделе рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда при работе в учебном помещении, содержащем компьютерную технику, в котором выполнялось проектирование ВКР.

Раздел содержит анализ опасных и вредных факторов возникающих при работе пользователей с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) и решает вопросы их безопасности в чрезвычайных ситуациях на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Объектом исследования является аудитория №248 учебного корпуса 16В ТПУ, в которой расположены 12 персональных компьютеров серии Instant i5025.

### **6.1. Техногенная безопасность**

#### **6.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды**

Рассмотрены следующие вредные факторы:

- повышенный уровень шума;
- недостаточная освещенность на рабочем месте;
- неблагоприятные условия микроклимата;
- электромагнитные излучения.

#### **Повышенный уровень шума.**

Различные печатающие, сканирующие устройства и системные блоки ПЭВМ могут служить источником шума. Подобные шумы небольшой

интенсивности, порядка 50-60дБА, негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические нарушения, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания[19].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[18] в производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормами (таб. 6.1).

*Таблица 6.1 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука при научной деятельности и обработке данных для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума (ГОСТ 12.1.003-83) [10].*

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В целях борьбы с шумом могут применяться звукоизолирующие или звукопоглощающие конструкции: звукоизолирующие перегородки, звукопоглощающие облицовки и штучные звукопоглотители. Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должен размещаться вне помещений с ПЭВМ.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света солнца. Различают боковое естественное освещение – через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части здания (крыше). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО):

$$КЕО = E/E_0 \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

где  $E$  – освещенность на рабочем месте, лк;

$E_0$  – освещенность на улице (при среднем состоянии облачности), лк.

В компьютерном классе, где находится рабочее место, совмещенное освещение. Естественное освещение осуществляется через боковые окна, ориентированные на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 5 рядов перпендикулярно стене с оконными проемами и параллельно рядам столов с ПЭВМ, что позволяет достичь равномерного освещения. Также согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность поверхности экрана не должен быть более 300лк, яркость светящихся поверхностей (окно, светильник и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200кд/м<sup>2</sup>, яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40кд/м<sup>2</sup> и яркость потолка не должна превышать 200кд/м<sup>2</sup>, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1, показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20, коэффициент запаса ( $K_3$ ) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4, коэффициент пульсации не должен превышать 5%. В качестве

источника искусственного света применяются люминесцентные лампы типа СПЛ.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Процесс проектирования в данном случае происходит в условиях, когда естественное освещение недостаточно. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

**Расчет освещения помещения.** Одним из методов для расчета искусственного освещения является метод светового потока. Он используется для определения общего равномерного освещения на горизонтальной поверхности. Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в строительных нормах и правилах СП 52.13330.2011 [12].

Расчет освещения производится для помещения размером 8,5х 9,5х3,1 м, потолок в аудитории белый, стены бежевые, а пол красно-оранжевый окраски.

В качестве источников света при искусственном освещении используются светильники типа ЛПО 2х36 с люминесцентными лампами белого света. Основные характеристики:

- Количество и мощность лампы – 2\*36 Вт;
- Мощность, потребляемая из сети – 85 Вт;
- Размеры, мм: 1262х205х72;
- КПД – 54%
- Световой поток – 2х2850 лм.

Высота светильника над рабочей поверхностью  $h=2,35$  м при высоте рабочей поверхности над полом 0,75 м.  $L$  – расстояние между соседними

светильниками или рядом (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),  $l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda=L/h$ , уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности. Для выбранного типа светильника (с косинусным типом кривой):  $\lambda=1.4$ , следовательно оптимальное расстояние между светильниками:

$$L=\lambda \cdot h=1.4 \cdot 2.35=3.29 \text{ (м)}. \quad (6.2)$$

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены в случае, когда рабочие места расположены у стен, рекомендуется принимать равной  $0,3 \cdot L$ , в данном случае  $l=0,987 \text{ (м)}$ .

Следовательно, нам необходимо 12 светильников, план расположения которых приведен на рисунке 6.1.

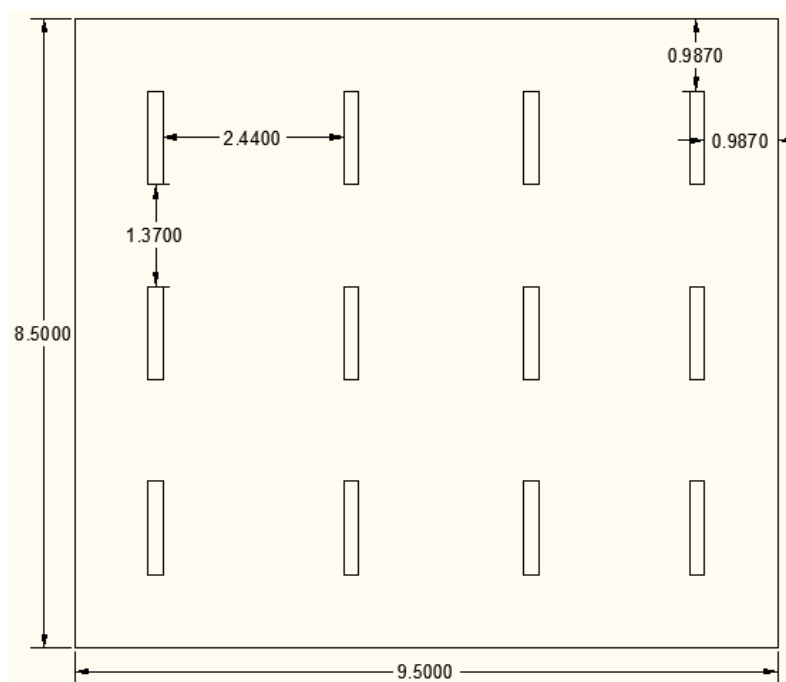


Рисунок 6.1 – План помещения и размещения светильников типа ЛПО 97 2х36 с люминесцентными лампами белого света

Определение требуемого количества светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot 100 \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} \quad (6.3)$$

где  $E$  – требуемая освещенность горизонтальной плоскости по СП 52.13330.2011 (табл.6.2), лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли ( $K_3=1,4$ );

$U$  – коэффициент использования осветительной установки, %;

$\Phi_{\text{л}}$  – световой поток одной лампы, лм;  $n$  – количество ламп в одном светильнике.

Для определения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения  $i$ , значения коэффициентов отражения стен  $\rho_{\text{ст}}$  и потолка  $\rho_{\text{п}}$  и тип светильника.

$$i = S / (h(A+B)) = (9.5 \cdot 8.5) / (3.1(9.5+8.5)) = 1.45 \quad (6.4)$$

Таблица 6.2 – Норма освещенности рабочего места (СП 52.13330.2011) [12]

Тип помещения	Нормы освещенности, лк при освещении		
	Комбинированное		Общее
	всего	в том числе от общего	
Машинный зал	750	300	400
Помещение для персонала, осуществ. техническое обслуживание ПЭВМ	750	200	400

Для обеспечения нормируемых значений освещенности помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить яркость окон могут быть применены занавеси, шторы [18].

### Неблагоприятные условия микроклимата

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддерживание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателям характеризующими микроклимат в производственных

помещениях, являются температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают уровня отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и является предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочих местах с категорией работ Ia, к которым относится компьютерный класс №248, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 6.2[20].

*Таблица 6.3 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений*

Период года				Холодный	Теплый
		Оптимальная		22-24	23-25
Температура, °С	воздух а	Допустимая	Диапазон ниже оптимальных величин	20-21,9	21-22,9
			Диапазон выше оптимальных величин	24,1-25	25,1-28
	поверх ностей	Оптимальная		21-25	22-26
		Допустимая		19-26	20-29
Относительная влажность воздуха, %	Оптимальная			60-40	
	Допустимая			15-75	
Скорость движения воздуха, м/с	Оптимальная			0,1	
	Допус тимая	Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более		0,1	
		Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более		0,1	0,2

Интенсивность теплового облучения рабочих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляция на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать  $35 \text{ Вт/м}^2$  при облучении 50% поверхности тела и более,  $70 \text{ Вт/м}^2$  – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и  $100 \text{ Вт/м}^2$  – при облучении не более 25% поверхности тела. При наличии теплового облучения рабочих температура воздуха на рабочих местах при категории работ  $I_A$  не должна превышать  $25^\circ \text{C}$  [20].

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание (естественная вентиляция) после каждого часа работы на ПЭВМ [18].

### **Электромагнитные излучения**

Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей представлены в таблице 6.4.

*Таблица 6.4 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах[18].*

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400кГц	25 нТл
Напряженность электромагнитного поля		15 кВ/м

Обеспечение защиты работающих от неблагоприятного влияния ЭМП осуществляется согласно СанПиН 2.2.4.119-03[21] путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают:

- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- выделение зон воздействия ЭМП;



- расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;
- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП от других источников;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечить снижение уровней ЭМП на рабочих местах путем внедрения новых технологий и применение средств коллективной и индивидуальной защиты (когда фактические уровни ЭМП на рабочих местах превышают ПДУ, установленные для производственных воздействий).

В целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, должны проходить периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством.

## **6.2 Анализ опасных факторов производственной среды**

К опасным факторам относятся:

- электрический ток.

### **Электрический ток**

При работе с ПЭВМ, первым потенциально опасным фактором является электрический ток. Он может воздействовать на человека при условии повреждения изоляции токоведущих частей и соприкосновении их с корпусом ПЭВМ, так как в процессе эксплуатации пользователь не редко прикасается к системному блоку компьютера. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека, а опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000В) [22]

Таблица 6.5 – Предельно допустимые уровни напряжения и тока (ГОСТ 12.1.038-82) [27]

Ряд тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока, с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
Переменный 50 Гц	Напряжение, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	Ток, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	Напряжение, В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
	Ток, мА												8
Постоянный	Напряжение, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	Ток, мА												15

Поражение электрическим током организма человека называется электротравмой. Чем больше время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма. В таблице 6.6 представлены значения предельно допустимых уровней напряжения и тока в зависимости от продолжительности воздействия на организм человека.

Компьютерный класс, в котором проводились расчеты и обработка результатов исследований, характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность (влажность в помещении не более 45%, температура порядка 23°, отсутствует химически активная или органическая среда) с согласно ПУЭ [23] относится к помещения без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

Безопасность при работе электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ потребителей) и Межотраслевым правилам по охране труда (правилам безопасности) при эксплуатации электроустановок потребителей (ПОТ Р М-016-2001) [23, 24, 25].

Основными мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма относятся:

- ‡ Систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
- ‡ Разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации вычислительной техники и контроль их соблюдения;
- ‡ Соблюдения правил противопожарной безопасности;
- ‡ Своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов[19]

### **6.3.Экологическая безопасность**

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилия учёных многих специальностей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий, является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это требует решения целого комплекса сложных технологических и конструктивных задач, основанных на исследовании новейших научно-технологических достижений.

Важными направлениями следует считать совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов в окружающую среду, замену и по возможности широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды.

В качестве дополнительных средств защиты применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей, глушителей шума, виброизоляторы технологического оборудования.

Сегодня светодиоды широко применяются в уличном, архитектурном, внутреннем и др. освещении.

Непосредственная утилизация светодиодных ламп происходит по стандартной схеме утилизации твердых бытовых отходов. Корпус, изготовленный из поликарбоната и алюминия, отправится на переработку

вторсырья. Стекланный цоколь лампы подвергается измельчению и уйдет как расходный материал для производства стройматериалов и новых стеклосодержащих изделий. Отсутствие люминофора и ртути позволит обойтись без затратного метода демеркуризации использованного изделия и особых условий по сбору и транспортировки отходов. При работе с отходами светодиодных трубок отсутствует потребность использования дополнительных средств защиты. Таким образом, использование светодиодных ламп это не только экономия собственных материальных средств, но и своеобразный существенный вклад в защиту окружающей среды.

Максимальный срок службы, уровень освещения, долговечность, бесплатная утилизация светодиодных ламп – все эти характеристики позволяют уверенно назвать светодиодные лампы передовым и лучшим световым энергосберегающим прибором из всех существующих на сегодняшний день.

#### **6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[18], при размещении рабочих мест с ЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0.5 – 0.7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

#### **6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

В рабочем помещении имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания электроприборов и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории В. К характеристике веществ и материалов, находящихся в помещении относятся: Горючие и трудногорючие

жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- ‡ организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- ‡ эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- ‡ технические и конструктивные мероприятия, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- ‡ Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- ‡ Обучение персонала правилам техники безопасности;
- ‡ Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- ‡ Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- ‡ Обеспечение свободного подхода к оборудованию;

Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара и на достигаемом расстоянии находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в

специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей в соответствии с планом эвакуации при пожаре, как показано на рисунке 6.2.

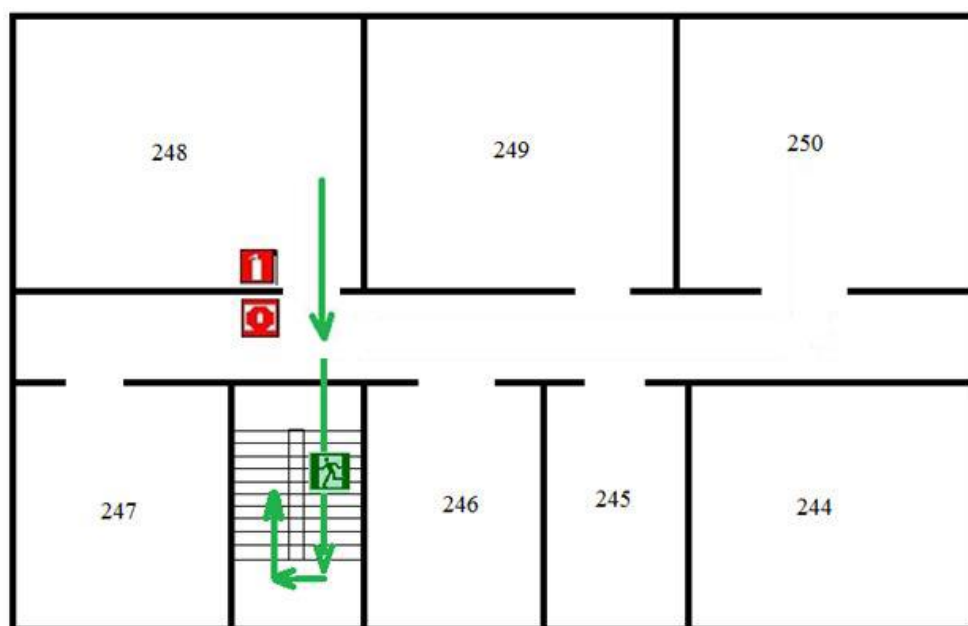


Рисунок 6.2 – План эвакуации при пожаре из компьютерной аудитории 248 16В корпу

## **Заключение**

В настоящее время имеются все предпосылки для проектирования осветительных установок школьных зданий России на современном научно-техническом уровне. Разработаны, утверждены и введены в действие 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.

Благодаря своим качествам светодиодные лампы подходят для освещения не только в школах, но и больницах и других общественных помещениях. Они обладают высокоэкономичными характеристиками.

Потребление энергии при замене обычных ламп на светодиодные снижается на 70%. Светодиоды не перегорают и имеют долгий срок службы, что позволяет исключить расходы по замене неисправных ламп.

Светодиодные лампы и светодиодные светильники благодаря отсутствию ртути, огромному сроку службы, отсутствию инфракрасного и ультрафиолетового излучения и большой ударопрочности будут пользоваться большой популярностью на современном рынке.

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.

Проведен энергетический аудит систем искусственного освещения СОШ №32 г. Томск.



В качестве источников света в системе искусственного освещения выбраны светодиодные светильники.

Выполнен проект реконструкций осветительной системы в программном комплексе Dialux с использованием светодиодных источников света.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» », в котором рассчитывались все расчеты эксплуатационных затрат при использовании светодиодных источников и расчет срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода

В разделе «Социальная ответственность» был проведён анализ опасных и вредных факторов, производственная санитария, произведен расчет освещения компьютерного класса, а также разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условия труда для проектировочных работ и минимизированы воздействия от применения светодиодных источников света на окружающую среду.

## Список использованной литературы

1. Справочная книга по светотехнике / под ред. Айзенберга Ю. Б.- М.: Знак, 2006. – 972 с., ил.
2. Айзенберг Ю.Б., Демирчан Х.С. О повышении использования электроэнергии в осветительных установках, Светотехника.1989. № 12. С. 1-6.
3. Айзенберг Ю.Б. Современные проблемы энергоэффективного освещения. Энергосбережение. 2009. №1. С. 42-47.
4. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г. М. Кнорринга. Л., «Энергия», 1976. 384 с. с ил
5. Электрическое освещение школ и дошкольных учреждений. Тульчин И.К.- М: Энергоатомиздат, 1984. 88 с., ил. - (Б-ка светотехника; вып. 10).
6. Основы энергосбережения: учеб. пособие/ М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев – Мн: БГЭУ, 2002- 198с.
7. Основы энергосбережения и энергоаудита. Фокин В.М М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.
8. Степанова М.И. Гигиенические основы организации начального обучения детей в современной школе // Автореф. дисс д-ра мед. наук. – М., 2003. 48 с.
9. Основы энергосбережения: учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под.ред. Н.И. Данилов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГЕУ –УПИ,2006.564 с.
10. Технология энергосбережения: учеб. пособие / Н.И Березовский,С.Н. Березовский,Е.К. Костюкевич- Минск: БИП –С Плюс,2007. 152с
11. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, Т.К. Романова и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 288 с.: ил.
12. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /Криницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
15. Курс Экономики. Учебник. Под ред. Б.А. Райзберга. М.: ИНФРА-М, 2001.
16. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебно-методическое пособие./Н.В. Крепша, Ю.Ф. Свидоров. – Томск: изд-во ТПУ, 2003. – 144с.
17. Т. В. Гречкина, В. Д. Никитин. Расчетный практикум для проектирования осветительных установок. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 153 с.
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпидназор, 2003.
19. Ефремова О.С. Требования охраны труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 176с.
20. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
21. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпидназор России, 2003.
22. Кривошеин Д.А. Экология и безопасность жизнедеятельности: Уч. пос. для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447с.
23. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. и дополн. – Новосибирск, 2006. – 123с.
24. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей – М., 2003. – 183с.

25. ПОТ Р М-016-2001 «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». – М., 2001.– 94.

26. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

27. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.