

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

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки (специальность) 12.04.02 «Опtotехника»

Кафедра Кафедра лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Разработка совмещенного освещения в производственном помещении	
УДК 628.98:621.182	

Студент

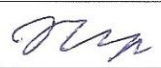
Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM4A	Иванова Светлана Сергеевна		25.05.16

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Коржнева Т.Г.			25.05.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			25.05.16

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			26.05.16

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Яковлев А.Н.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	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	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОПК-1, ПК-1, 2, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1-5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Требования работодателей.
P2	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	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 4, 5, 19) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P3	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	Требования ФГОС ВО (ПК- 6, 7, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной,	Требования ФГОС ВО (ПК- 8, 9, 10, 11) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4,

	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	5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P5	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.	Требования ФГОС ВО (ПК-9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, ПК-9) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P6	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	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 11, 15, 16, 21) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.10, 5.2.16, 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
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	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-9) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
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	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК-20, 22, 23), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.12, 5.2.14, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива,	Требования ФГОС ВО (ПК- 18, 24), Критерий 5 АИОР (пп 5.2.11, 5.2.15), согласованный с требованиями

	принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
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	Требования ФГОС ВО (ОПК-3) Критерий 5 АИОР (5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.

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
<i>4ВМ41</i>	<i>Иванова Светлана Сергеевна</i>

Тема работы:

Разработка совмещенного освещения в производственном помещении.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

12 июня 2016г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объект исследования: Котельная №1 г. Железногорск, Красноярский Край.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки по вопросам: Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного освещения производственных помещений. Состояние проблемы; Потенциал энергосбережения в системах искусственного освещения и способы его реализации; Техно-экономическая и энергетическая оценка систем искусственного освещения.</i> <i>Проектирование реконструкции установки искусственного освещения производственного помещения котельной.</i> <i>Разработка естественного освещения в помещении. Обсуждение результатов выполненной работы 1 раз в месяц.</i>

	Обсуждение результатов выполненной работы 1 раз в месяц.
Перечень графического материала	Светотехнический раздел проекта. План реконструированной установки искусственного освещения помещения котельной №1, и график значений освещённости. Проект по разработке системы естественного освещения.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовое менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Таврикова Надежда Александровна
Социальная ответственность	Корникова Анна Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Раздел 3. Объект исследования - котельная №1, Шелеховск, Красноярский край	

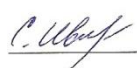
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

12.04.2016г.

Задание выдал руководитель:
ассистент Коржнева Т.Г.

 12.04.2016г.

Задание принял к исполнению студент:
магистрант гр.4ВМ41 Иванова С.С.

 12.04.2016г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98 с., 21 рис., 19 табл., 35 источников, 6 прил.

Ключевые слова: совмещенное освещение, искусственное освещение, система естественного освещения, система автоматического управления, производственное помещение.

Объектом исследования является система совмещенного освещенного освещение в производственном помещении, котельной №1, г. Железногорск, Красноярский край.

Цель работы – разработка технологических и организационных мероприятий по повышению энергетической эффективности систем освещения производственного помещения котельной №1 при одновременном обеспечении комфортной светоклиматической среды за счет оптимизации системы совмещенного освещения здания.

В процессе исследования проводились замеры освещенности в котельной №1, реконструкция искусственного освещения, сравнительный анализ систем естественного света и проектирование естественного освещения, расчет экономии при использовании солнечных световодов, анализ системы управления.

В результате исследования выявлены недостатки качества освещения в производственном помещении на базе котельной №1, предложено энергоэффективное решение – совмещенное освещение.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: для выполнения проекта используются солнечные световоды, состоящие из внешнего коллектора, трубы с высоким коэффициентом отражения на внутренней поверхности и диффузора; светильники светотехнической компании «Световые технологии» STOCK ADVANTAGE 454 и HEATF2 1X58W T26 «Thorn Lighting» с линейными люминесцентными лампами; система управления.

Степень внедрения: применима при первоначальных инвестициях.

Область применения: энергосберегающие технологии

Экономическая эффективность/значимость работы имеется, был произведен расчет экономии электроэнергии при использовании системы естественного освещения – солнечных световодов.

В будущем планируется обучиться программированию системы управления.

Сокращения

ОУ – осветительная установка

ЕО – естественное освещение

ИО – искусственное освещение

САУ – система автоматического управления

Оглавление

Введение.....	11
1. Требования к промышленным ОУ	13
1.1 Зрительная работоспособность.....	13
1.2 Влияние уровней освещенности на людей.....	16
1.3 Пульсация ламп	19
2. Осветительные установки основных производственных помещений	21
2.1 Искусственное освещение.....	24
2.2 Естественное освещение	26
2.2.1 Боковое освещение.....	28
2.2.2 Освещение через крышу.....	29
2.2.3 Световые колодцы.....	31
2.2.4. Сравнение систем ЕО	36
2.3 Системы автоматического управления.....	42
3. Объект исследования – котельная №1 г. Железногорск, Красноярский край	48
3.1 Разработка ИО для котельной №1	52
3.2 Разработка ЕО для котельной №1	56
3.3 Разработка САУ для котельной №1	62
4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	66
4.1. Инициация проекта	66
4.1.1 Цели и результат проекта.	66
4.1.2 Организационная структура проекта.	67
4.1.3 Ограничения и допущения проекта.....	68
4.2. Планирование управления научно-техническим проектом.....	69
4.2.1 Иерархическая структура работ проекта.....	70
4.2.2 Контрольные события проекта	70
4.2.3 План проекта.....	70
4.3. Техничко-экономическое обоснование замены осветительного оборудования	72

5. Раздел «Социальная ответственность»	77
5.1. Техногенная безопасность.....	77
5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	77
5.1.1.1 Недостаточная освещенность	77
5.1.1.2 Неблагоприятные условия микроклимата.....	78
5.1.1.3 Воздействие вредных веществ.....	79
5.1.1.4 Электромагнитное излучение	81
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	83
5.1.2.1 Поражение электрическим током.....	83
5.2. Региональная безопасность	85
5.2.1 Защита атмосферы	85
5.2.2 Защита гидросферы.....	86
5.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности	87
5.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	89
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
Заключение	92
Список публикаций.....	94
Список литературы	96
Приложение А	100
Приложение Б.....	117
Приложение В.....	119
Приложение Г	121
Приложение Д.....	123
Приложение Е.....	125

Введение

Первостепенное значение при выборе систем освещения в производственных помещениях имеют точность зрительных работ, характер производственных процессов на предприятии, светоклиматическая зона и другие. Условия освещения на предприятии оказывает большое влияние на физическое и эмоциональное состояние трудящихся, на качество работы и травматизм. Однако существует ФЗ №261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», который обязывает все бюджетные предприятия с 2010 года обеспечить сокращение энергопотребления не менее чем на 3 % ежегодно в течение 5 лет по отношению к показателям 2009 года, что является трудновыполнимой задачей.

Энергетическое обследование зданий (энергоаудит) позволяет определить энергоэффективность здания и оценить потенциальную возможность экономии. Задачами энергоаудита являются: получение данных об объеме расходуемых энергетических ресурсов; определение потенциала энергосбережения и увеличения энергоэффективности; разработка мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Целью работы является разработка технологических и организационных мероприятий по повышению энергетической эффективности систем освещения производственного помещения котельной №1 г. Железногорска Красноярского края при одновременном обеспечении комфортной светоклиматической среды за счет оптимизации системы совмещенного освещения здания.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ мировой и отечественной практики решения проблемы энергоэффективного освещения помещений;

2. Проведение энергетического аудита системы освещения производственного помещения (котельная №1, г. Железногорск, Красноярский край);

3. Исследование светотехнических характеристик систем естественного освещения для географо-климатических условий исследуемого региона;

4. Выбор системы искусственного освещения для реализации потенциала энергосбережения;

5. Разработка светотехнического проекта совмещенного освещения, интегрированного с системой автоматического управления.

Рассмотрение совокупности аспектов искусственного, естественного освещения и энергосберегающих мероприятий при разработке проекта реконструкции системы освещения на примере котельная №1, г. Железногорск, Красноярский край, позволяет учесть количественные и качественные характеристики освещения с целью создания комфортной световой среды, рациональной организации и эксплуатации освещения, нормируемых уровнях освещенности и повышение энергетической эффективности.

1. Требования к промышленным ОУ

Промышленное освещение служит особым нуждам. Есть множество тонкостей, которые необходимо учитывать при проектировании промышленного освещения, есть много различий в проектировании освещения, к примеру, освещение коммерческого типа. Эстетика играет не столь важную роль в промышленном освещении, как в освещении загородного дома – это лишь одно из отличий.

Промышленное освещение используется для обширного числа зрительных работ. Во всех случаях должно быть обеспечено высокое качество освещения, чтобы контролировать необходимую зрительную работоспособность человека, которая зависит от качества освещения и от его собственных «зрительных возможностей» [1].

Освещение производственных помещений, как большой класс, разделяется на более мелкие типы и подтипы. В зависимости от выполняемых работ, от их точности, производится нормирование освещенности, выбор типа источников света. Условия искусственного освещения на промышленных предприятиях оказывают большое влияние на зрительную работу, физическое и моральное состояние людей, а, следовательно, на производительность труда, качество продукции и производственный травматизм [2]. В металлургической промышленности уровень освещенности должен быть увеличен от 300 до 2000 лк. При таких уровнях освещенности возникают биологические эффекты без оптического изображения (БОИ-эффекты). При этом наблюдается повышение зрительной работоспособности на 16 %, снижение брака на 29 %, а количество несчастных случаев уменьшается на 52 % – все это приводит к росту производительности труда более чем на 20 % [3].

1.1 Зрительная работоспособность

Почти два века назад человеческая жизнь определялась суточным циклом «день-ночь» и, соответственно, ритмом подъема-сна. Со времени

промышленной революции и изобретения электрического освещения общество постепенно увеличивает активный период жизни по направлению к 24-часовому. Другими важными ритмами являются, например, цикл засыпания-просыпания, сонливость, бодрость, усталость, настроение и работоспособность [4].

Многие факторы способны повлиять на зрительную работоспособность работников в промышленном помещении. Экспериментальные исследования показали, что значение освещенности существенно влияет на зрительную работу [5]. Увеличение освещенности ведет к повышению производительности труда и уменьшению утомления, но до предела (около 1000 лк), так как дальнейшее увеличение освещенности связано с возрастанием слепящего действия объектов наблюдения (рисунок 1).

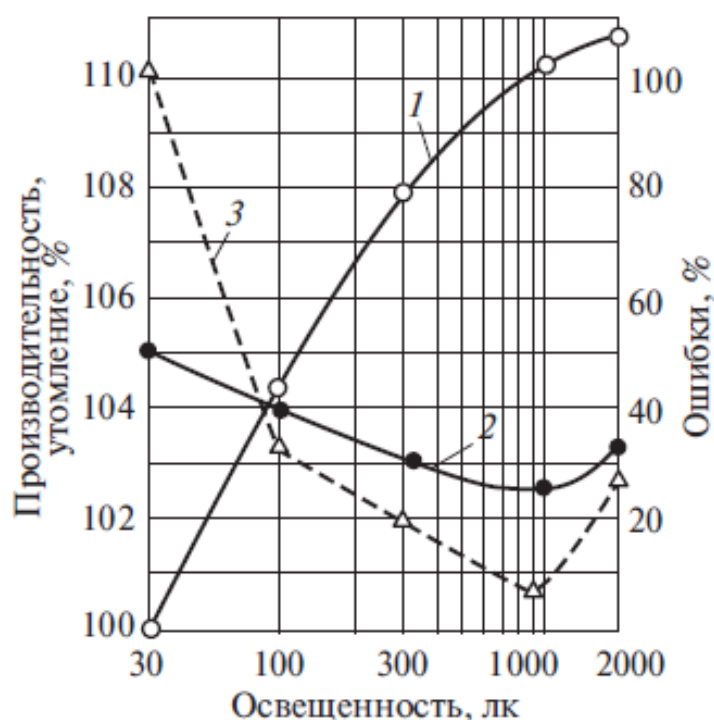


Рисунок 1 – Эффективность оптической установки в функции освещенности: 1) производительность труда; 2) утомление; 3) ошибки, допущенные при работе

Под зрительной работоспособностью понимают количество работы, выполненной за единицу времени, например, количество исправленного

корректором текста за определенный промежуток времени; скорость обнаружения обрыва нитей в ткацком производстве и т.д. Зрительная работоспособность измеряется следующими показателями:

- Выпуск продукции в единицу времени (по часам смены);
- Объем обработанной информации в единицу времени (по часам смены);
- Вероятность выпуска брака (по часам работы).

Зрительная работоспособность и ее качество зависят от углового размера изучаемого объекта α , яркости фона L_f , времени наблюдения t , а также от качественных характеристик освещения, от степени напряженности зрительной работы, состояния органа зрения (возраста работающего, утомления, дефектов зрения, побочных раздражителей – шума, запахов.)

Если судить о требуемой освещенности по утомлению, то оптимальный уровень горизонтальной освещенности $E_{гор} = 1000-2000$ лк. Увеличение освещенности ведет к стремительному уменьшению числа ошибок в работе, но тоже до предела. Все зависимости от освещенности сильнее всего проявляются в области от 30 до 300 лк, которой соответствует наибольшее улучшение зрительной работы.

Улучшение зрительной работоспособности и, в свою очередь, повышение производительности труда отражается в более высоком КПД и меньшем количестве ошибок. Степень повышения работоспособности за счет хорошего качества освещения зависит от зрительной компоненты задачи. В таблице суммированы результаты увеличения зрительной работоспособности для разных промышленных задач и уменьшение брака за счет улучшения качества освещения.

Таблица 1 – Увеличение работоспособности и снижения количества брака как результат повышения уровня освещенности [1]

Тип работы	Уровень освещенности, лк		Увеличение зрительной работоспособности, %	Снижение количества брака, %
	До	После		
Сборка камеры	370	1000	7	-
Штампование кожи	350	1000	8	-
Наборный цех	100	1000	30	18
Окончательные сборочные работы	500	1500	28	-
Металлургическая промышленность	300	2000	16	29
Сложные зрительные задачи в металлургической промышленности	500	1600-2500	10	20
Миниатюрная сборка	500-1000	4000	-	90
Ткацкая фабрика	250	1000	7	-

При правильном проектировании вся окружающая производительная среда может оказывать стимулирующее воздействие на работающих в ней людей [1].

Следовательно, зрительная работоспособность вполне может служить критерием регламентации уровней освещения осветительных устройств, так как она в большой мере зависит как от количественных характеристик освещения (Егор), так и от качества освещения [6].

1.2 Влияние уровней освещенности на людей

Непосредственное стимулирующее воздействие света – воздействие излучения на самочувствие и настроение человека. Это является частично психологическим воздействием, хотя здесь имеется и физическая компонента. Разные уровни освещенности производят изменения в модели электроэнцефалограмм, воздействуя на центральную нервную систему и разные функции организма. Более того, результаты последних исследований

лают возможность предполагать, что имеется непосредственное воздействие света на, например, сердечный ритм и уровень инсулина [1].

Настроение является отражением чувств человека: ощущение хорошего или плохого физического состояния и ментального ощущения большей или меньшей бодрости. Другими известными факторами, влияющими на настроение, являются погода/сезон года, а на работе – условия наблюдения и окружающая (зрительная) среда. Исследования 145 здоровых офисных служащих, работающих на дневную смену с использованием, по меньшей мере, одного часа в день яркого света настольной лампы, обеспечивающей освещенность 2500 лк, показали, что у 62 % людей наблюдаются менее негативные сезонные эффекты с улучшением самочувствия, настроения и уровня энергии. В других исследованиях были выявлены стимулирующие воздействия яркого света в дневное время и ночное, которые приводили к повышению уровня бодрости и работоспособности [7]. Создаваемая освещением атмосфера или окружающая среда оказывает влияние на настроение людей. Освещение должно подчеркнуть физическую окружающую среду для создания хорошо сбалансированного впечатления, деловую, уютную и т.д. Это позволяет повысить работоспособность, но особенно оказывает влияние на настроение людей. Воздействие света является само по себе бессознательным и даже подсознательным, пока не наступает дисбаланс или разрушающее действие, например в случае дискомфорта или блескости, приводящей к нетрудоспособности.

Нередким случаем является работа на промышленных предприятиях в ночное время суток, когда производственный процесс нельзя остановить по тем или иным причинам. В некоторых исследованиях доказывают, что ночная смена имеет на 20 % больше несчастных случаев, чем утренняя, а для тяжелых несчастных случаев – на 80 %. Различия может достигать до 50 % в случае аварий, а работоспособность падать на 10-20 % по сравнению с утренней сменой [7].

Существует так же много исследований на уровень бодрствования и пробуждения. Например, были проведены исследования в условиях сменной работы (ночной), чтобы уровень бодрствования был ниже и, соответственно, ожидаемые воздействия были бы сильнее. В промышленности бодрость имеет первостепенное значение, т.к. является не только фактором настроения, но и работоспособности и предотвращения несчастных случаев.

Так при воздействии двух режимов освещения (250 лк и 2800 лк) на бодрствование во время работы в ночную смену, происходит спад бодрствования за ночь для обоих режимов, однако, режиму с более высоким уровнем освещенности соответствует и более высокий уровень бодрствования. Настроение, выраженное как уровень бодрствования для двух уровней освещенности, представлен на рисунке 2.

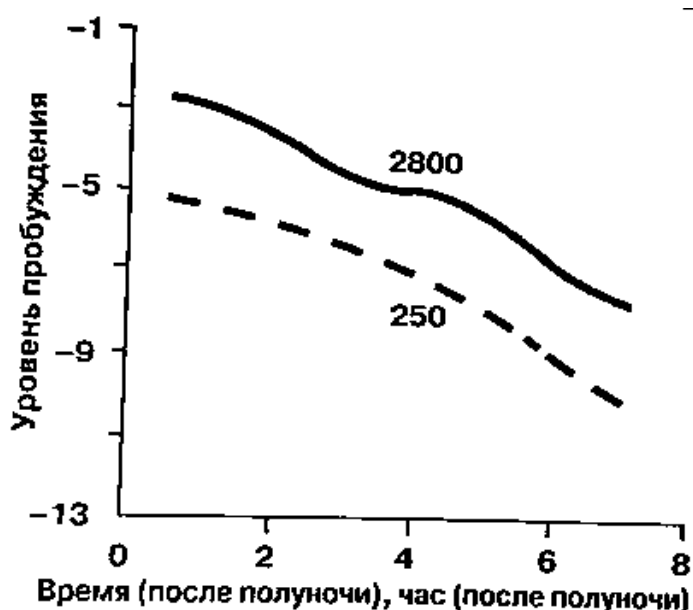


Рисунок 2 – Настроение выражено как уровень бодрствования для уровней освещенности в функции количества рабочих часов для ночной смены

Другие исследования показывают, что использование более высоких уровней освещенности для того, чтобы справиться с усталостью, дают возможность оставаться бодрым дольше [1].

1.3 Пульсация ламп

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести и к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно сбалансировано на рабочих местах. Головные боли могут быть вызваны иногда пульсацией ламп, что является результатом использования магнитных ПРА, работающих на частоте сети электропитания (50 Гц). В некоторых случаях мерцание может вызвать у людей стресс. Электронные балласты, работающие на высоких частотах около 25 кГц, не имеют такого эффекта, что снижает причину возникновения головных болей [4].

Результатом пульсации ламп также может стать стробоскопический эффект. Он может возникнуть в производственных помещениях с системой освещения люминесцентными лампами, питаемыми переменным током. Источником переменного тока являются генераторы, которые работают на принципе электромагнитной индукции, под действием которой в цепи протекает переменный электрический ток. За период изменения ток дважды достигает своего максимального значения и дважды практически равен нулю. В результате люминесцентная лампа 100 раз в секунду зажигается и столько же гаснет, так как разряд в парах ртути тепловой инерционностью не обладает.

Явление стробоскопического эффекта возникает при совпадении частоты тока с кратностью числа оборотов вращающихся частей оборудования, т. е. происходит «накладывание» периода включения-

выключения люминесцентных ламп на период вращения валов механизма. Явление стробоскопического эффекта может возникнуть не только при наличии движущихся предметов в поле зрения работающего, но и при выполнении любой работы, когда происходит относительное перемещение глаза и освещаемого предмета.

Экспериментальные исследования показали также, что на зрительную работу большое влияние оказывают и качественные характеристики освещения [5]. Увеличение глубины пульсаций освещенности от 6 до 55 % приводит к снижению быстроты различения на 18 % через 45 мин после начала работы; степень утомления работающего резко увеличивается при использовании ламп с плохой цветопередачей.

Освещение должно отвечать следующим критериям:

- достаточное количество света для выполнения зрительной работы;
- хорошая равномерность освещения в рабочей зоне;
- баланс распределения яркости в помещении;
- ОУ без блескости;
- хорошая цветопередача и устраивающий цвет освещения;
- отсутствие пульсаций.

При выполнении комплекса этих требований повышается ощущение комфорта работающих и увеличивается их мотивация – производительность труда.

2. Осветительные установки основных производственных помещений

Основными факторами, на которые стоит обращать внимание при разработке проекта промышленного освещения, являются эффективное использование электроэнергии, соблюдение нормируемых показателей освещенности и равномерность освещенности с учетом существующей обстановки.

В зависимости от зоны промышленного помещения производится подбор светильника для освещения. Температурный режим в цехах может быть критичным и несовместимым с работой некоторых типов источников света. Окружающая среда порой содержит химические соединения, представляющие опасность для корпуса светильника. Среда может быть влажной, взрывоопасной. Светильники могут размещаться как на высоте 3м – так и на высоких отметках – необходимо варьировать тип и мощность применяемых источников света, предусматривать возможность дальнейшего обслуживания осветительной установки промышленного освещения [5].

В условиях напряженности топливно-энергетического баланса, сложившейся во второй половине XX в. в результате бурного развития промышленного производства и резкого возрастания потребления энергии на производстве и в быту, вопросы экономии энергетических ресурсов стали особенно актуальными. Существующие энергетические ресурсы ограничены, поэтому возросла потребность в проведении строгого и тщательного анализа обоснованности расходов на искусственное освещение, а также в изыскании путей, обеспечивающих наиболее эффективное использование энергоресурсов [9].

Сокращение затрат на электроэнергию дает:

1. Снижение финансовых затрат. В квартирах становится все больше электроприборов – от компьютеров и телевизоров до различных зарядных устройств. Современное оборудование стало более «прожорливым» в отношении электроэнергии – например, если утюги

старого образца потребляли 1 кВт в час, то новые модели требуют уже 1,6 кВт. Стоимость самой электроэнергии увеличивается на 15 % ежегодно. И поэтому 56 % процентов опрошенных москвичей назвали уменьшение собственных затрат в качестве основного мотива для энергосбережения. Около 15 % респондентов готовы снизить энергопотребление для сохранения природных ресурсов.

2. Бережное отношение к природе. По данным Международного энергетического агентства, в мировом масштабе 19 % электроэнергии тратится на освещение. Применение светового оборудования косвенно связано с потреблением нефти и выбросом вредных веществ в атмосферу. Современные световые технологии помогают экономить до 40 % электроэнергии, что эквивалентно 106 млрд. евро в год. Переход на энергосберегающее оборудование сократит выбросы углекислого газа на 555 млн. тонн в год и уменьшит ежегодное потребление электроэнергии на 2 ТВт.

3. Повышение комфорта. Если делать выбор в пользу современного энергосберегающего оборудования, то повышаете качество жизни в целом. Наиболее эффективные источники света не только экономят электроэнергию, но и дают более полезный для глаз свет, в сравнении с традиционными лампами. Системы управления энергосбережением позволяют автоматизировать управление электроприборами: например, выключают свет, когда из помещения ушли все люди, и включают, как только слышались шаги. Диммеры приглушают свет по вашему желанию, что также снижает энергопотребление.

4. Сохранение топливно-энергетических ресурсов. Значимость сохранения топливно-энергетических ресурсов на как можно более долгий срок отмечают лишь немногие респонденты – 15 %. Энергосбережение позволяет экономить на нефти и угле и исключить необходимость строительства новых электростанций. Как отмечает Международное энергетическое агентство, переход на энергосберегающее оборудование

позволит сэкономить 1,5 млрд. баррелей нефти при уменьшении ежегодного потребления электроэнергии на 2 ТВт.

Произведением осветительных установок является световой поток, падающий на рабочую поверхность, затратами – единовременные капитальные затраты на осветительные установки и расходы на содержание осветительных установок, в первую очередь на замену источников света и на оплату электроэнергии. Оплата электроэнергии имеет особый смысл, т.к. помимо плановой стоимости электроэнергии определяющим является народнохозяйственное значение экономии электроэнергии осветительных установок, которая сводится к сокращению как непосредственно капитальных затрат, так и эксплуатационных расходов, т.е. к сокращению расхода электроэнергии.

В России на освещение расходуется около 14% вырабатываемой электроэнергии. В мире в среднем 19 %, в США около – 22 %, при этом возможная экономия в России составляет 45-50 % – это более 50 млрд. кВт·ч (рисунок 3).

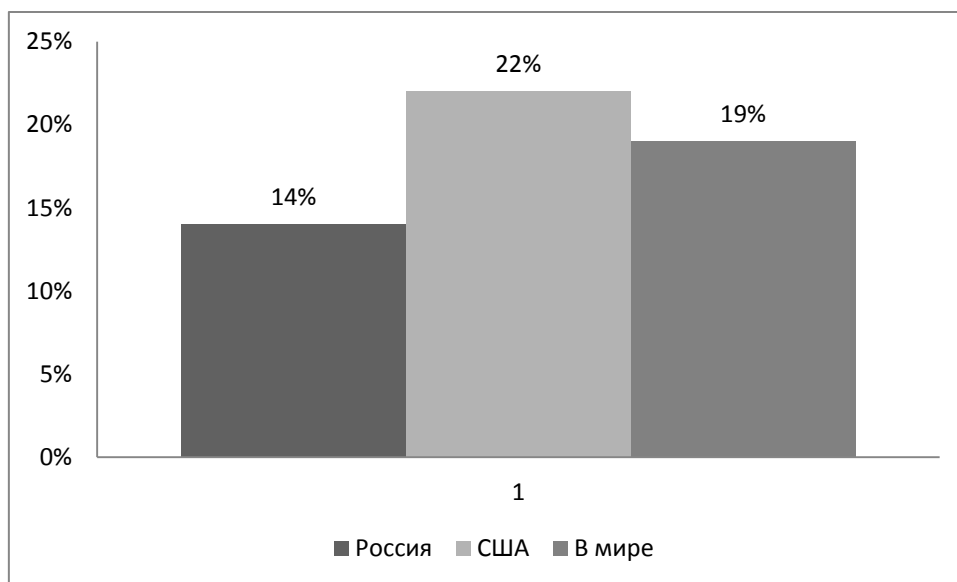


Рисунок 3 – Расход электроэнергии на освещение

Максимальный потенциал экономии электроэнергии сосредоточен в расширении производства и области их применения эффективных

источников света (до 14 % современного потребления). На увеличение световой отдачи, повышение КПД осветительных приборов, применение систем общего локализованного освещения и регулирование в зависимости от уровня естественной освещенности приходит примерно по 6 % потенциала экономии современного потребления.

Экономия электроэнергии может быть осуществлена в результате оптимизации светотехнических частей осветительных установок и осветительных сетей, применением систем управления и регулирования освещения, рациональной организации и эксплуатации освещения, а также внедрение систем естественного освещения.

2.1 Искусственное освещение

Оптимизация осветительных установок искусственного освещения заключается в следующем: правильный выбор системы освещения и типов источников света, принятие экономичных схем освещения светильников, правильный выбор светильников, с учетом светораспределения и конструктивному исполнению.

Эффективной осветительной установкой следует считать такую установку, которая дает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной работы при наименьших денежных затратах, включая энергопотребление.

Эффективность осветительной установки зависит от:

1. Световой отдачи источника света;
2. Срока службы источника;
3. Светотехнических и энергетических параметров;
4. Стабильности параметров светильника на протяжении эксплуатации, в том числе и источника света при работе в светильнике;
5. Тарифа на электроэнергию;
6. Числа часов использования осветительной установки в год.

Для общего освещения промышленных помещений традиционно применяются разрядные лампы: люминесцентные лампы (ЛЛ), дуговые ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (МГЛ), а в отдельных случаях натриевые лампы (ДНаТ). Люминесцентные лампы следует применять, как правило, в помещениях небольшой высоты (до 6-8 м). В крановых пролетах высотой более 6-8 м следует применять ртутные лампы высокого давления (РЛВД).

За последнее время на светотехническом рынке появились твердотельные источники света – светодиоды (СД), поражающие своими характеристиками, такими как срок службы, световая отдача и экологичность. Характеристики источников света (ИС) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение ИС [10]

	ДРЛ	МГЛ	ДНаТ	СД
Световая отдача, лм/Вт	19-63	68-120	66-150	100
Срок службы, тыс. ч	12-24	3.5-20	10-28	25

В светотехнике для определения эффективного ИС применяется формула для расчета стоимости электроэнергии (ЭЭ):

$$G_{12} = q \cdot \eta_v^{-1} + C_{ис} \cdot (\Phi \cdot \tau)^{-1}, \quad (1)$$

где q – тариф на электроэнергию [р./кВт·ч], η_v – световая отдача ИС [лм/Вт], $C_{ис}$ – стоимость ИС [р.], Φ – поток ИС [клм], τ – срок службы ИС [ч.] [11,12].

Расчет стоимости ЭЭ с учетом стоимости разных ИС и трех тарифов представлен в приложении Б, а наглядное представление данных в приложении В.

Стоимость единицы световой энергии (ЕСЭ) является объективным способом оценки экономических характеристик ИС. Как видно из таблицы 2, стоимость ЕСЭ твердотельных источников больше, чем других ИС высокого давления. Самым экономичным источником является ДНаТ, но его применение ограничено, т.к. имеет недостаток – цветопередачу. Так же использование ДНаТ и ДРЛ запрещено, согласно СП 52. 13330. 2011 «Естественное и искусственное освещение». Смело заявлять об экономичности светодиодов по сравнению с другими источниками света нельзя, т.к. достойную конкуренцию твердотельным источникам могут составить лампы высокого давления.

2.2 Естественное освещение

Дневной свет управляет биологическими, физиологическими и психическими процессами в организме человека. Он влияет на ритмы дня и ночи, на настроение, повышает производительность на работе и успеваемость в школе.

Нормируемое значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) промышленных предприятий для различных систем освещения рассчитывается в зависимости от административных районов по ресурсам светового климата рассчитывается по формуле:

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (2)$$

где: e_n – нормируемое значение КЕО для помещений; m_N – коэффициент светового климата; N – номер группы обеспеченности естественным светом [13].

Так для котельной, расположенной в Красноярске, входит в 1 группу административных районов. Для бункерного отделения котельных залов и площадки обслуживания котлов, в которых VI разряд зрительной работы, КЕО при верхнем и комбинированном освещении – 2 %, при боковом освещении – 0,4 % [13].

При правильной интеграции системы искусственного освещения с системой естественного освещения можно в значительной степени повысить энергоэффективность здания. Естественное освещение помещений можно обеспечить при помощи различных стратегий и концепций [14].

Естественный свет – это эффективный энергосберегающий инструмент. Снижение затрат на энергию происходит за счет уменьшения использования искусственного освещения.

Стратегии внедрения естественного освещения можно разделить на две основные категории: боковое освещение, которое поступает через стены по периметру здания и освещение через крышу, которое поступает через верхнюю часть здания. Выбор стратегии естественного освещения зависит от планировки, ориентации и местности, в которой стоит здание, а также от климатических условий [14]. Поэтому в зданиях с преимущественно естественным освещением предусматривается использование искусственного освещения.

По характеру светораспределения в помещении системы естественного освещения могут быть разделены на два основных вида: системы естественного освещения, обеспечивающие четкую направленность светового потока, выявляющего объем предметов благодаря образующимся собственным и падающим теням; системы естественного освещения, обеспечивающие «бестеневое» освещение.

К первому виду можно отнести боковое одностороннее освещение и верхнее освещение при шедовых фонарях. Ко второму виду относятся: боковое двухстороннее освещение, верхнее освещение при фонарях-надстройках и зенитных фонарях, а так же система комбинированного освещения.

Различные системы естественного освещения различаются по абсолютным уровням освещенности, которые обеспечиваются в помещении, и по характеру распределения световых потолков. Системы, относящиеся к первому виду, создают значительную неравномерность светового потока на

условной рабочей поверхности (УРП), тогда как системы, относящиеся ко второму виду, обеспечивают более равномерное освещение, как показано на рисунке 4 [15].

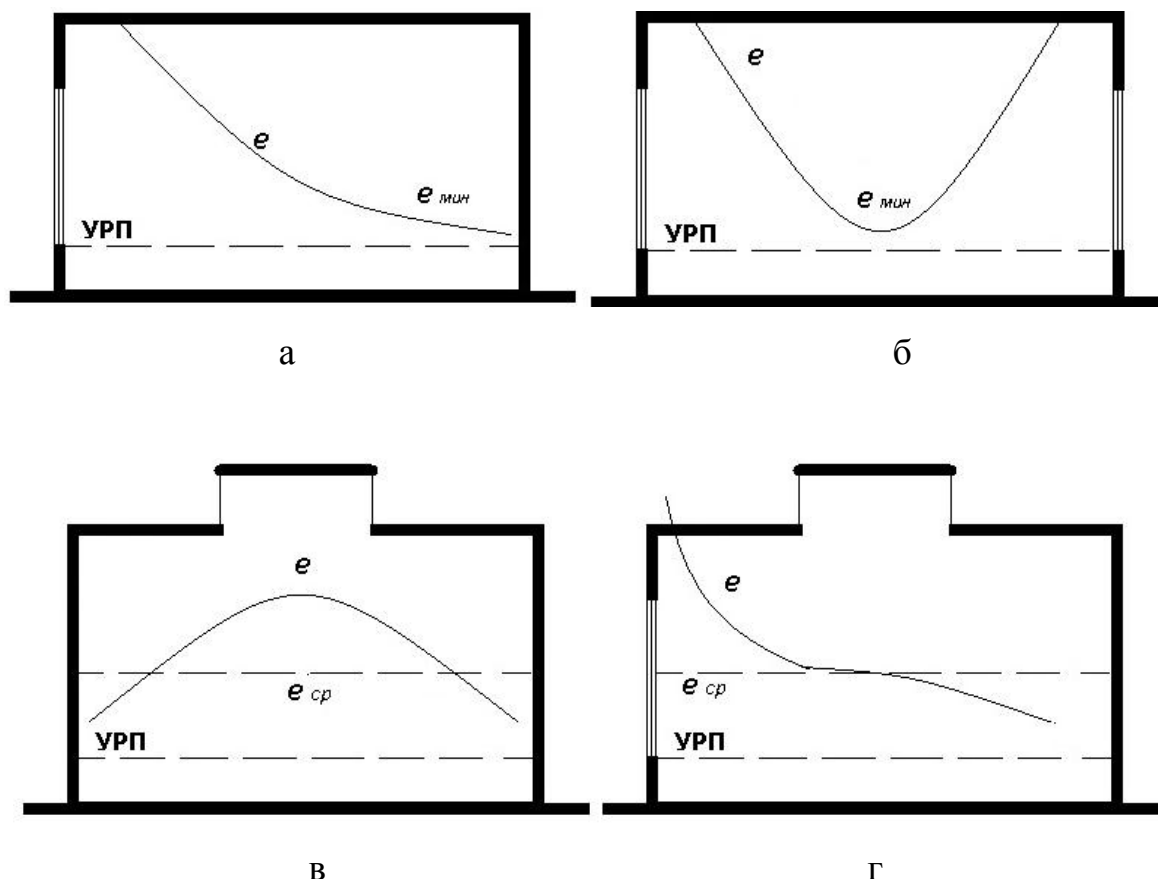


Рисунок 4 – Характерные кривые освещенности для различных систем естественного освещения (кривые к.е.о.):

а – боковое освещение; б – боковое двухстороннее освещение; в – верхнее освещение; г – комбинированное освещение

2.2.1 Боковое освещение

Окна обеспечивают зрительный контакт с внешним миром и позволяют проникать дневному свету. Для улучшения проникновения света и уменьшения бликов иногда используют пассивные устройства, известные как «световые полки» [14]. Световая полка – горизонтальный отражатель, который изменяет направление солнечных лучей. Свет проникает в помещение не напрямую – сначала отражается от полки и затем об потолок

(зигзагообразно как показано на рисунке 5), таким образом, это приводит к более равномерному освещению помещения [16].

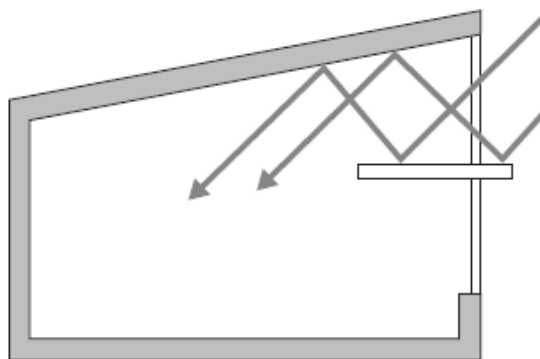


Рисунок 5 – Световая полка

При этом для большего проникновения света, потолок должен быть светлым с хорошими отражающими свойствами, а остекление должно быть как можно ближе к потолку. Количество проникающего дневного света при такой стратегии зависит от ориентации фасадов здания. Хорошая ориентация оконных проемов может максимизировать поступление солнечного света и свести к минимуму блики и перегрев [14].

2.2.2 Освещение через крышу

Благодаря использованию световых люков в крыше здания можно обеспечить равномерное распределение дневного света по всей площади верхнего этажа. Основные типы систем естественного освещения через крышу – это фонари-надстройки, шедовые фонари (с односторонним остеклением и пилообразной крышей), зенитные фонари (выполняются в точечном варианте или в варианте протяженного свода, остекление ориентируется на зенитную часть неба) [14].

1) Зенитный фонарь, как показан на рисунке 6, обеспечивает естественное освещение помещения через остекленные проемы в кровле здания.

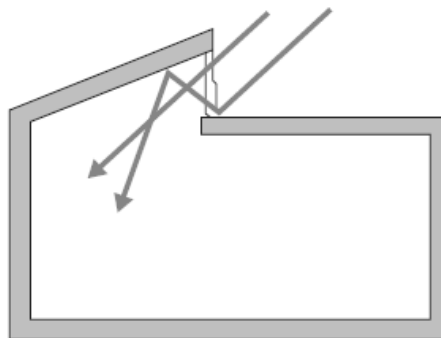


Рисунок 6 – Зенитный фонарь

Посредством горизонтального зенитного фонаря в помещение поступает примерно в три раза больше дневного света, чем через вертикальное окно такого же размера. Поскольку зенитные фонари могут располагаться только ближе к центральной части помещения, они создают равномерное освещение по всей площади. Так же важным фактом является то, что естественное освещение через зенитные фонари хорошо сочетается с искусственным освещением. Существенно поможет снизить затраты на электроэнергию – использование дополнительно автоматических приборов управления. Однако зенитные фонари сильно повышают риск перегрева, поэтому необходимо так же использовать различные солнцезащитные устройства [16].

2) Фонари-надстройки представляют собой остекленное возвышение над крышей. Их преимущество заключается в некоторой защите помещения от прямых солнечных лучей. Недостаток таких фонарей состоит в том, что при их близком расположении друг к другу между ними может скапливаться снег (рисунок 7).

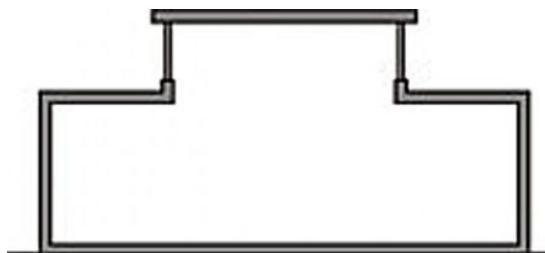


Рисунок 7 – Фонари-надстройки

3) Крыша с шедовыми фонарями в профиль напоминает пилу. Фонари устанавливаются либо вертикально, либо наклонно и разделяются наклонными участками крыши (рисунок 8).

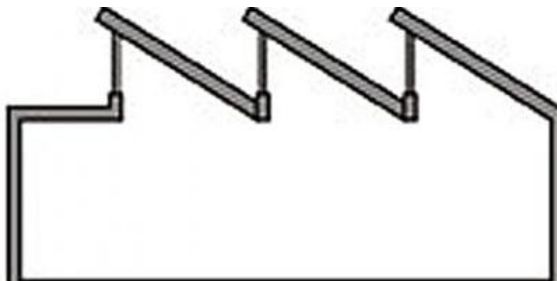


Рисунок 8 – Шедовые фонари

Такую систему можно использовать для равномерного освещения помещений большой площади. При ориентации на север получается естественная защита от прямых солнечных лучей. Однако для снежных районов эта система также не очень подходит из-за образования снеговых мешков возле стекол.

2.2.3 Световые колодцы

Основную задачу проектирования естественного освещения следует решать на основе светотехнических расчетов и при соблюдении требований нормативных документов. Решение второстепенных задач зависит от принятой системы естественного освещения, расположения оборудования, решения интерьера с эстетической точки зрения и т.д.

Выбор типа конструкций окон и фонарей следует производить, учитывая требования, предъявляемые к освещению и микроклимату помещений, а также особенности технологического процесса.

Для устройства бокового освещения помещений могут применяться как переплетные, так и беспереплетные конструкции окон. В зависимости от назначения переплетные окна могут быть глухими и открывающимися, беспереплетные окна выполняются глухими.

Для устройства верхнего освещения помещений могут применяться прямоугольные светоаэрационные, глухие и открывающиеся зенитные фонари, а также шедовые.

Для устройства бокового или верхнего естественного освещения следует применять типовые конструкции окон и фонарей.

В помещениях с постоянным пребыванием людей обеспечения зрительной связи с окружающей средой и естественной вентиляции помещений беспереплетные окна со светопропускающими элементами из профильного стекла или стеклоблоков рекомендуется проектировать в сочетании с переплетными [17].

В дополнение к указанным ранее стратегиям, естественное освещение можно направить в помещение при помощи световых колодцев (рисунок 9).

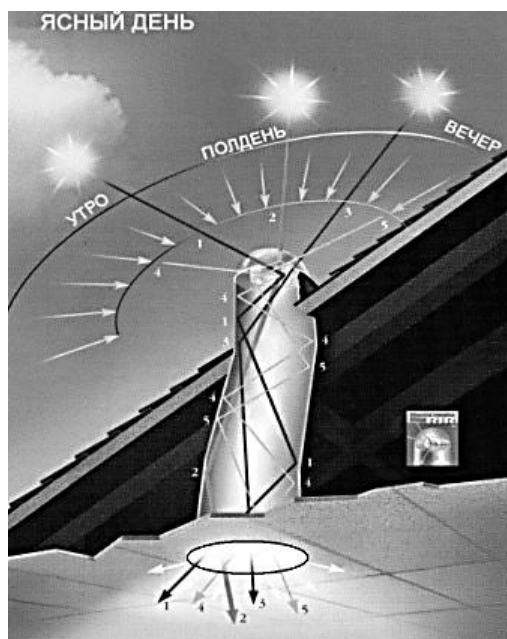


Рисунок 9 – Световой колодец

Светоприемное устройство может быть расположено на крыше здания для сбора света из зенитных областей небосвода. Альтернативно их можно располагать на фасадах здания. Первая система, предложенная Стивом Сатанном (Австралия), имела металлическое зеркало, отражающее солнечные лучи, идущие с юга прямо в трубу, но затеняющий диффузный

свет неба с других сторон. После этого было предпринято много неудачных попыток исправить эту систему [18]. Так полые трубчатые световоды (ПТС) впервые были разработаны в 1980-х гг. в СССР Ю.Б. Айзенбергом, Г.Б. Бухманом, В.М. Пятигорским, А.А. Коробко и др. Тогда же началось интенсивное использование ПТС для освещения цехов промышленных предприятий [19].

ПТС позволяют принимать естественный свет на крыше или стенах зданий и проводить с минимумом потерь внутри зданий и сооружений. При этом сохраняются многие положительные качества природного освещения: непрерывный спектр света, ритм освещения, соответствующий «биологическим часам» человека, динамика света, позволяющая судить о погоде. В отличие от обычных светопроемов, ПТС не вызывают теплопотерь помещений и препятствуют теплопоступлениям в них в летнее время. Этим они экономят энергию на отопление, вентиляцию и охлаждение помещений [19].

Устройство светового колодца состоит из внешнего коллектора (обычно на крыше), трубы с высоким коэффициентом отражения на внутренней поверхности и диффузора [14]. Купол устройства изготавливают из сверхпрочного стекла. Он изолирован настолько герметично, что попадание внутрь устройства пыли, воды или насекомых совершенно исключено. При помощи такой технологии можно освещать также и удаленные площади в помещениях. Эти устройства собирают солнечный свет на зеркалах или линзах, расположенных в трубе, и направлять свет в выбранное помещение. Солнечные колодцы применяются для освещения как промышленных, так и жилых зданий в дневное время суток. Могут применяться в больших промышленных зданиях: складах, цехах, подземных помещениях и т. д. Пример применения светового колодца показан на рисунке 10.



а



б

Рисунок 10 – Световой колодец на станции метро в Берлине:

а) Верхняя часть; б) Нижняя часть колодца

Верхняя часть солнечного колодца располагается на крыше здания или солнечной стороне фасада. Нижняя часть выводится в помещение.

Задача верхней части – собрать как можно больше солнечного света. Для этого применяются различные коллекторы, рефлекторы и даже линзы Френеля. Свет передаётся по колодцу с большей эффективностью, если колодец прямой и короткий. Если колодец имеет углы, повороты, или большую длину, то часть света рассеивается. Для минимизации потерь применяются прозрачные материалы с большой отражающей способностью (например, оптоволокно). В нижней части солнечного колодца устанавливаются устройства, рассеивающие солнечный свет [20].

Основной задачей проектирования естественного освещения в промзданиях является определение типа, формы, размеров и расположения световых проемов в наружных стенах и покрытии, при которых в помещении обеспечивается освещение, создающее наиболее благоприятные условия для зрительной работы при данном технологическом процессе. Кроме этой основной, необходимо решать следующие задачи:

1. Согласование выбранных светопроемов и их расположения с архитектурными требованиями к освещению, которые способствуют выявлению пространства, цветового решения интерьера и т.д.
2. Защите работающих от слепящей яркости прямого или отражённого света небосвода или солнечных лучей.
3. Согласование выбранных светопроемов с архитектурным решением фасада.

В настоящее время в РФ находят некоторое применение осветительные устройства с ПТС серии «SOLARSPOT» (Италия) [19]. Это запатентованное перехватывающее устройство, которое принимает прямой поток солнечного света и диффузного света неба от всей полусферы, работая одновременно в виде рефлектора для северного бокового света и рефрактора для южного прямого света. Такое устройство обозначается RIR и работает как оптическая воронка, наполняющая трубу естественным светом. Труба покрыта изнутри многослойной интерференционной отражающей пленкой $\rho=99\%$. Свет распространяется с помощью многократных отражений и попадает в помещение через светорассеивающее устройство. Обычно это диффузоры из опалового стекла или призматические радиальные линзы из подобного прозрачного материала. Проведенные во Франции исследования различных подобных изделий показали, что «SOLARSPOT» превосходит другие системы по эффективности [18].

Чаще применяют ПТС с диаметром 375 мм, но существует при этом несколько вариантов: 250, 530, 650 и 900 мм.

Существует несколько вариантов конструкций колодцев. Известны колодцы с системой зеркал, но они являются не очень эффективными на больших расстояниях от крыши до пункта назначения, к тому же они громоздки. Что касается волоконные световоды, то это дорогостоящие конструкции, которые требуют большого количество оптоволокна.

2.2.4. Сравнение систем ЕО

Системы ЕО можно сравнить путем расчета средней освещенности внутри заданного помещения в одинаковых условиях: площадь помещения 2 м², высота потолка 2 м, площадь световых проемов 1 м², расположение помещения – географическая широта 55⁰ с.ш.

а) При боковом освещении

$$e_H = \frac{S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1}{S_n \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{зд}} \quad (2).$$

Где: S_0 – площадь светового проема; S_n – площадь пола помещения; e_H – значение КЕО; K_3 – коэффициент запаса; η_0 – световая характеристика окон; $K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенения противостоящими зданиями; τ_0 – общий коэффициент светопропускающей определяющийся по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (3),$$

где τ_1 – коэффициент пропускания материала; τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема; τ_3 – коэффициент, учитывающий затенение несущими конструкциями (при боковом освещении $\tau_3=1$); τ_4 – коэффициент, учитывающий потери в солнцезащитных устройствах; τ_5 – коэффициент, учитывающий затенение защитной сеткой, установленной под фонарями (принимается всегда равным 0,9).

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения [21].

Таким образом, значение КЕО равно:

$$e_H = \frac{1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,9}{4 \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 1} = 0,016$$

б) При верхнем освещении

$$e_H = \frac{S_\phi \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot K_\phi}{S_n \cdot K_3 \cdot \eta_\phi} \quad (4),$$

где S_{ϕ} – площадь световых проемов при верхнем освещении; η_{ϕ} – световая характеристика фонаря; r_2 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения; K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий тип фонаря [21].

Значение КЕО при верхнем освещении – зенитный фонарь:

$$e_H = \frac{1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{4 \cdot 1,5 \cdot 2,8} = 0,05.$$

КЕО при шедовом фонаре:

$$e_H = \frac{1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 1,4}{4 \cdot 1,5 \cdot 6,4} = 0,025.$$

КЕО при фонаре-надстройке:

$$e_H = \frac{1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 1,2}{4 \cdot 1,5 \cdot 5} = 0,027.$$

в) КЕО при системе ЕО – световод. Для небольших размеров помещения можно применять следующую формулу:

$$e_H = \frac{[(180 - \alpha) / 180] \cdot \eta_g \cdot A}{S} \quad (5),$$

где $[(180 - \alpha) / 180]$ – входной коэффициент световода; α_0 – угол отклонения оси от зенита; η_g – КПД системы, который рассчитывается по формуле:

$$\eta_g = \tau_c \cdot \tau_d \cdot K_m \cdot \xi \quad (6).$$

Где τ_c – коэффициент пропускания купола световода, его оправы и промежуточной линзы. Для световодов типа SOLARSPOT $\tau_c=0,92$. τ_d – коэффициент пропуска диффузора (для SOLARSPOT $\tau_d=0,8$); K_m – коэффициент запаса (по СНиП при очистке купол 1 раз в год величина K_m в среднем составляет 0,77); ξ – КПД полого торцевого световода. Величина ξ зависит от коэффициента отражения зеркального покрытия трубы и от соотношения длины световода к его диаметру. КЕО для световода:

$$e_H = \frac{[(180 - \alpha) / 180] \cdot 0,52 \cdot 1}{4}. \text{ Т.к. КЕО световода зависит от положения}$$

в каждом месяце, то результаты расчета КЕО представлены в таблице 3.

Таблица 3 – КЕО при световодах для каждого месяца

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
α	81	75	66	56	44	40	44
e_H	0,072	0,076	0,082	0,09	0,098	0,101	0,098
Месяц	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Август	Сентябрь
α	56	66	75	81	82	56	66
e_H	0,09	0,082	0,076	0,072	0,071	0,09	0,082

Для выбора наиболее эффективной системы ЕО необходимо сравнить средние освещенности, которые дают эти системы в помещении. В каждом месяце средняя освещенность поверхности Земли имеет разные значения, поэтому рассчитывать нужно в каждом месяце отдельно. Так же в таблице представлены результаты средней освещенности при системе ЕО – световод, при проектировании в программном комплексе HOLIGILM (световод пр.). Подробные результаты представлены в таблице 4. По данным таблицы также были построены графики зависимости средней освещенности в помещении от месяца (рисунок 11).

На графике так же проведена линия имеющая значение 300 лк, которая отражает необходимый уровень освещенности в котельной для работы оператора КИПиА. По графику видно, что при боковом освещении – окне, данный уровень освещенности не поддерживается, следовательно, такой вид системы является неэффективным для замены ИО в дневное время суток. Что касается других систем, то в каждой системе (за исключением системы световод, рассчитанной в программном комплексе) присутствует участок недостатка уровня освещенности. Для анализа уровня недостатка необходимо рассчитать приблизительные площади полученных геометрических фигур. Более подробные результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Сравнение систем ЕО и результатов расчета в программе HOLIGILM

Система ЕО	КЕО	Е _{ср.} месяца, лк											
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Поверхности Земли		6850	10200	10500	13213	15925	17500	15925	13213	10500	10200	6850	3500
Окно	0,016	110	163	168	211	255	280	255	211	168	163	110	56
Зенитный фонарь	0,05	343	510	525	661	796	875	796	661	525	510	343	175
Шедовый фонарь	0,025	171	255	263	330	398	438	398	330	263	255	171	88
Фонарь- надстройка	0,027	185	275	284	357	430	473	430	357	284	275	185	95
Световод	$(180-\alpha)/180$	490	774	865	1183	1564	1769	1564	1183	865	774	490	248
Световод (пр.)		405	710	808	1160	1281	1560	1281	1160	808	710	405	310

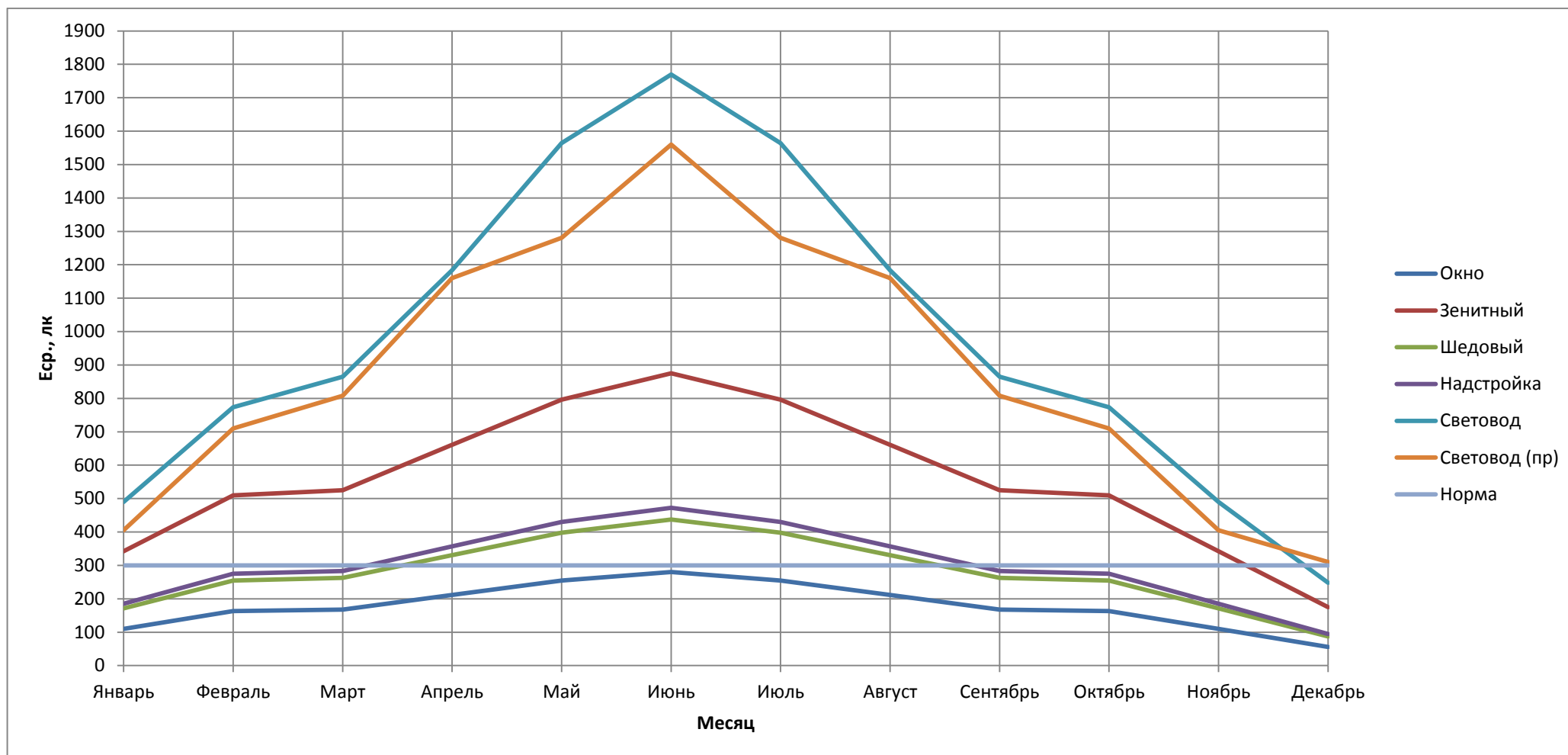
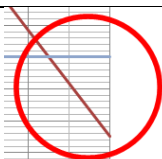
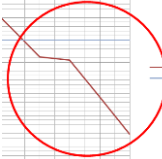
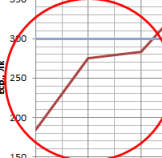
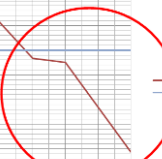


Рисунок 11 – График зависимости средней освещенности от месяца для систем ЕО

Таблица 5 – Расчет недостатка средней освещенности для систем ЕО

Система ЕО	Рисунок	Недостаток средней освещенности, отн. ед.
Окно	Ниже оси 300 лк	
Зенитный фонарь		46,8
Шедовый фонарь	 	415
Фонарь-надстройка	 	309
Световод		6,25

Как видно из таблицы 5 наиболее эффективна система световодов, она на протяжении всех месяцев поддерживает необходимый уровень освещенности, за исключением потерь в декабре. В декабре наименьшая освещенность поверхности Земли, а так же угол отклонения солнца от зенита самый большой, в результате чего и образуются потери солнечного света в помещении при применении солнечных световодов. По результатам сравнения расчетных и программных данных, то разница между значениями

составляет 7,6 % от расчетных значений. Это можно объяснить ограниченными возможностями программы, которая находится в свободном доступе, при приобретении же лицензионной версии разница между результатами сократиться.

2.3 Системы автоматического управления

Ни одна система естественного освещения не обеспечит необходимую экономию энергии, если она не работает совместно с системой управления, которая регулирует и снижает потребность в искусственном освещении. Когда уменьшается количество солнечного света, система управления подключает в работу систему искусственного освещения, тем самым поддерживая комфортный для людей уровень освещенности помещения. Желательно, чтобы датчики дневного света располагались в различных точках помещения и автоматически регулировали степень искусственного освещения. Такой союз системы естественного освещения системы автоматического управления позволит сократить потребление электроэнергии.

Расход электроэнергии на освещение может быть заметно снижен достижением оптимальной работы осветительной установки в каждый момент времени [22].

Добиться наиболее полного и точного учета наличия дневного света, равно как и учета присутствия людей в помещении, можно, применяя средства автоматического управления освещением (САУ).

Системы управления освещением должны определяться в соответствии с размерами помещений и типами зданий. Системы автоматического управления осветительными установками позволяют производить регулирование яркости источников света (люминесцентные лампы, компактные люминесцентные лампы, галогенные лампы накаливания и светодиодные) от 100 % до 0 %.

Для помещений более 50 м² следует применять автоматические устройства регулирования искусственного освещения в зависимости от естественной освещенности помещения.

При любой системе автоматического или дистанционного управления общедомовыми помещениями должна быть предусмотрена блокировка, обеспечивающая возможность включения или отключения рабочего или эвакуационного освещения в любое время суток из электрощитового помещения.

Оценка возможностей экономии при разных способах регулирования искусственного освещения даны в таблице 6.

Таблица 6 – Экономия электроэнергии путем регулирования искусственного освещения в зависимости от естественного [10]

Число рабочих смен	Вид естественного освещения в помещении	Способ регулирования искусственного освещения	Экономия электроэнергии, %
1	Верхнее	Непрерывное	36-27
		Ступенчатое	32-13
	Боковое	Непрерывное	22-7
		Ступенчатое	12-2
2	Верхнее	Непрерывное	31-23
		Ступенчатое	27-11
	Боковое	Непрерывное	19-6
		Ступенчатое	10-2

Системы освещения различаются по способу управления:

- 1) с дискретным управлением (включение-выключение);
- 2) с плавным управлением;
- 3) с комбинированным управлением.

К числу систем освещения с дискретным управлением относятся, прежде всего, системы, основанные на фотореле и системы, основанные на таймерах. Первые автоматически включают и выключают освещение, исходя из информации об уровне освещенности, получаемой от соответствующих датчиков. Вторые включают и выключают освещение, будучи запрограммированными на выполнение этой операции в определенное время суток. Также к дискретным системам автоматического управления освещением относят автоматы, оборудованные датчиками присутствия. Данные системы автоматически отключают освещение через определенный промежуток времени после того, как помещение покинут все люди, и автоматически включают его при появлении в помещении человека.

С точки зрения экономии электроэнергии этот вид дискретных систем автоматического управления освещением наиболее эффективен. Однако, помимо плюсов, у него есть и свои минусы – при частой смене обстановки (присутствие/отсутствие в помещении людей) частые включения/выключения освещения несколько снижают срок службы ламп.

Более сложными и эффективными, как в плане энергосбережения, так и в плане обеспечения комфорта, являются системы с плавной регулировкой мощности освещения. В основу их принципа действия заложено поддержание заданного общего уровня освещенности помещения с учетом уровня естественного освещения. При увеличении с течением времени яркости естественного освещения мощность осветительных установок понижается. Если же естественное освещение начинает уменьшаться, то мощность осветительных приборов возрастает. Плавное регулирование освещения с учетом уровня естественной освещенности помещения или участка местности позволит сократить расходы на освещение от 20 до 40 %. Такая экономия достаточно быстро перекроет все затраты, связанные с приобретением и установкой системы автоматического управления освещением.

Дополнительную экономию электроэнергии в 10-25 % может дать установка комбинированных систем автоматического управления освещением. Например, в систему автоматического управления освещением, поддерживающую заданный уровень освещенности с учетом яркости естественного освещения. Встраиваются таймеры и датчики, полностью отключающие освещение в помещении или на территории в определенное время суток (в офисе – после окончания рабочего дня) и/или дни недели (в выходные дни, праздники) или же после ухода из офиса последнего сотрудника. Датчики движения обычно устанавливают в проходных помещениях с непродолжительным пребыванием людей: коридоры, лестничные клетки, санузлы, паркинги, тамбуры и т.д. Датчики присутствия включают освещение и приборы только на время присутствия людей в заданном месте/зоне: спальня, рабочий кабинет и т.д.

По уровню управления освещением системы автоматического управления подразделяют на локальные и централизованные. Локальные системы могут устанавливаться как на отдельных светильниках, так и для помещения в целом. Централизованные системы автоматического управления освещением контролируют работу групп светильников и могут быть как специализированными (интеллектуальные системы на основе микропроцессоров, управляющие исключительно освещением в дома или на определенном участке местности), так и являться составной частью автоматических управляющих систем общего назначения, в ведении которых находится управление всеми инженерными коммуникациями.

В обоих случаях централизованные системы управления способны обеспечивать обмен информацией не только между отдельными узлами или сегментами системы освещения, но и с другими системами здания – телефонными линиями, системами безопасности, отопления и кондиционирования и другими. У такого вида систем есть особенности, которые ограничивают применение этих технологий. Для построения системы автоматического управления обычно используется шинная

технология, ставшая стандартом в большинстве европейских стран. При такой технологии все выключатели и электроприборы связаны между собой одной магистральной линией – шиной. Таким образом, к каждому выключателю/модулю приходят не только провода с напряжением 220 В, которые потом идут на лампочку (нагрузку), но и слаботочный кабель с напряжением 24 В. При шинной организации проводки проводов требуется значительно меньше. В любой момент можно изменить функции выключателя (например, для управления другими группами света и электроприборами; или можно добавить новый выключатель).

Для беспроводного управления освещением используются различные технологии и протоколы.

Наиболее часто используемые протоколы:

- Ant – проприетарный (закрытый) протокол и технология беспроводной передачи сигнала фирмы Dynastream Innovations Inc., рабочая частота – 2,4 ГГц. Микросхемы приемопередатчиков производят фирмы Nordic Semiconductor и Texas Instruments. Протокол поддерживает сети типа радио-шина, точка-точка, дерево, звезда и многоячейковая сеть. Технология и протокол предназначены, прежде всего, для дешевых портативных устройств с небольшим трафиком (спортивные датчики сердцебиения, велокомпьютеры). Предельная скорость передачи данных 1 Мбит/с.
- ZigBee – протокол и технология передачи данных по радиоканалу, разработанные альянсом ZigBee. Возможные топологии: точка-точка, дерево, звезда, многоячейковая сеть. Рабочая частота равна 2,4 ГГц, максимальная скорость передачи данных – 250 кбит/с. Теоретическое максимальное количество узлов приблизительно равно 15 000, но на практике обычно используют 200. Поддерживается режим самоопределения маршрута передачи данных, благодаря чему сеть может самовосстанавливаться. Протокол позволяет реализовать ряд стандартизированных профилей: Home Automation (направлен на управление освещением, кондиционированием,

мультимедиа системами и системами безопасности в домах); Smart Energy (направлен на реализацию автоматизированной системы контроля и учета потребления электроэнергии) и т.п. Благодаря этому устройства стандартного профиля различных производителей оказываются полностью совместимыми один с другим.

- Z-Wave – протокол и технология беспроводной передачи данных от компании Sigma Designs. По аналогии с альянсом ZigBee организован Z-Wave альянс. Частота передачи сигнала – субгигагерцовая, для европейских потребителей – 868 МГц, скорость передачи информации 9 кбит/с. Такой выбор частоты объясняется тем, что на частоте 2,4 ГГц существует слишком много источников помех (устройства Bluetooth и Wi-Fi, СВЧ-печи). Все устройства Z-Wave должны проходить обязательную сертификацию на совместимость с устройствами других производителей.

- DALI – цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации (Digital Addressable Lighting Interface). Стандартный цифровой протокол управления освещением с помощью электронных балластов (для люминесцентного света). Протокол DALI был разработан на замену широко используемому аналоговому протоколу «1-10V». Любое оборудование, поддерживающее интерфейс DALI, может независимо связываться с шиной DALI. DALI контроллеры могут запрашивать состояние и диктовать команды каждому прибору, используя двунаправленный обмен данными. В качестве автономной системы, в одной DALI линии могут работать до 64 независимых устройств. Количество адресов в системе можно увеличить до 12800, используя DALI Роутеры (объединив вместе до 200 DALI линий).

Достоинствами САУ освещением является сбережение электроэнергии; комфортное освещение; применение естественного освещения в сочетании с искусственным. Но у системы так же есть недостатки – сложность в настройке, программировании, установке и регулировании как компонентов, так и системы в целом; цена САУ.

3. Объект исследования – котельная №1 г. Железногорск, Красноярский край

Объектом исследования является котельная №1 муниципального предприятия «Гортеплоэнерго» – это частью коммунального комплекса по теплоснабжению ЗАТО Железногорск Красноярский край (закрытого административно-территориального образования).

Теплоисточник был введен в эксплуатацию в 1956 году для нужд Управления строительства «Сибхимстрой», которое обеспечивало возведение стратегически важных объектов оборонного значения на градообразующих предприятиях Красноярска-26 (Железногорска): на Горно-химическом комбинате, Научно-производственном объединении прикладной механики (ныне – ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева»), Химическом заводе в п. Подгорном.

Угольная котельная №1 обеспечивала бесперебойное теплоснабжение территории подразделения УС «Сибхимстрой» – Управления промышленных предприятий (УПП), где располагались 4 завода и домостроительный комбинат.

После того, как в 1964 году в Красноярске-26 была разработана и внедрена уникальная схема использования тепла атомного реактора ГХК для теплоснабжения и горячего водоснабжения города, было принято решение о переводе крупных городских котельных с угольного топлива на мазутное – чтобы снизить загрязнение воздуха. Реконструкция котельной №1 произведена в 1971 году.

В 1999 году в связи со сложным положением в строительной отрасли котельная №1 в числе других теплоисточников СПАО «Сибхимстрой» была передана в ведение муниципального предприятия «Гортеплоэнерго».

Сегодня котельная №1 обеспечивает теплом микрорайон «Первомайский» и территорию промышленной зоны, где расположено несколько десятков производственных объектов.

Котельная №1 г. Железногорска состоит из двух зданий: «старая» часть – построенная 1956 году, «новая» часть – построенная в 1992 г. В «старой» части (рисунок 12 а) крыша имеет фонарь-надстройку, расположенный вдоль всего периметра помещения. В «новой» же части (рисунок 12 б) имеются только окна, состоящие из стеклянных блоков.



а



б

Рисунок 12 – Объекта исследования:

а) Корпус, построенный в 1956 г.; б) Корпус, построенный в 1992 г.

Были выполнены замеры освещенности при помощи люксметра в помещении построенного в 90-х годах, результаты представлены на плане (рисунок 13) и в таблице 7.

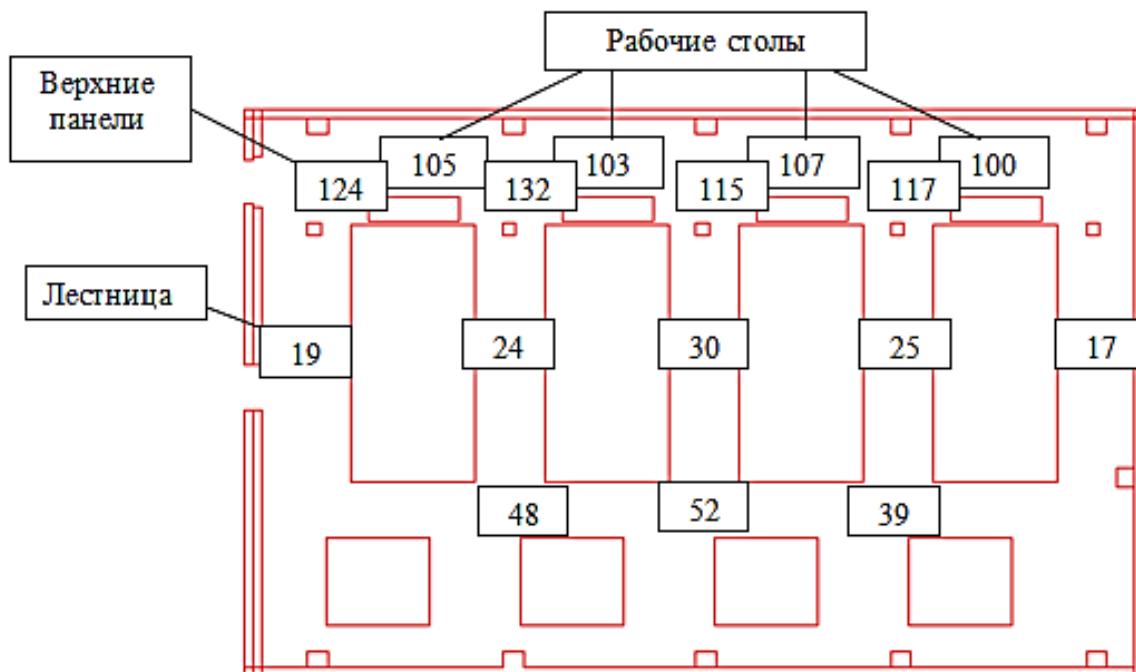


Рисунок 13 – Результаты измерения освещенности

Таблица 7 – Сравнение измеренной освещенности с освещенность в соответствии с нормами

Рабочая плоскость (РП)	Высота РП, м	$E_{\text{ср. по нормам, лк}}$	$E_{\text{ср. измеренная, лк}}$
Стол в бункерном отделении котельного зала	0,8	300	100-105
Верхняя панель оператора	На плоскости	200	115-132
Проходы между котлами	0,0	75	17-52
Лестница	0,0	50	19

Как видно из полученных результатов, уровень освещенности не соответствует нормам. На момент замера освещенности в «старой» части

здания применялись система ИО – ЛН мощностью 95 Вт. Как показано на рисунках 14 а, б.



а



б

Рисунок 14 – Котельная №1:

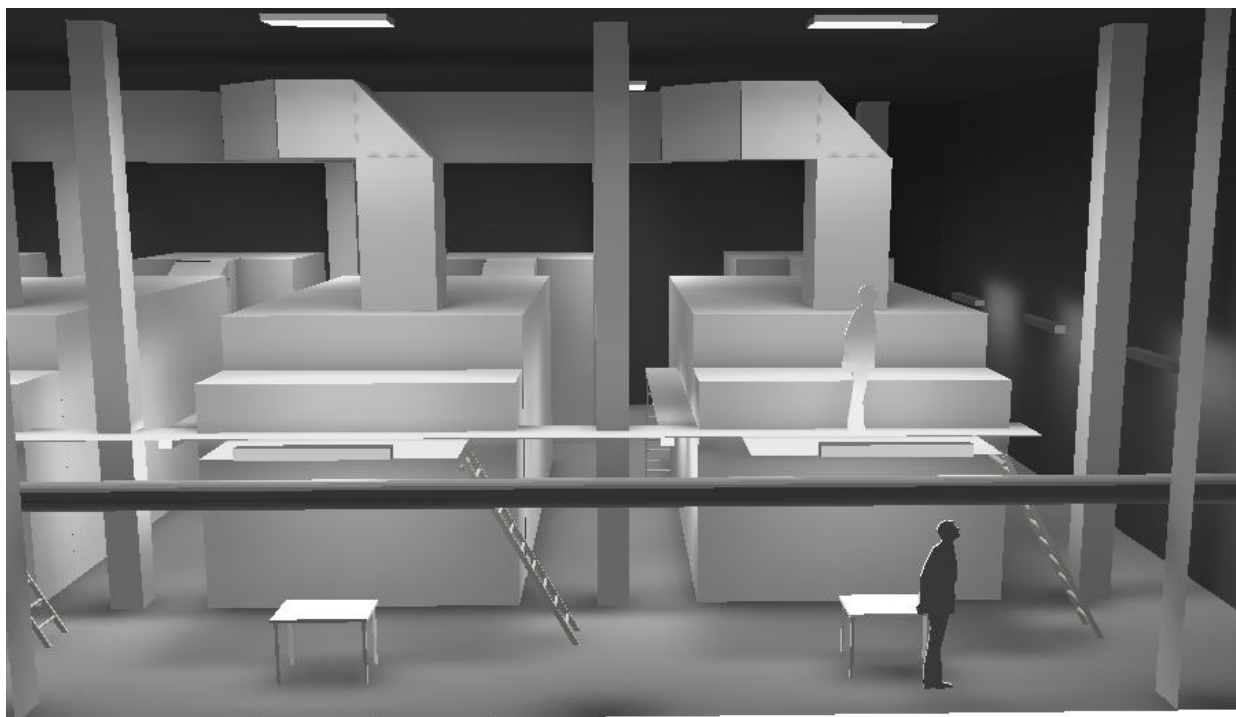
а) Проход между котлами; б) Верхняя панель

При общении с работниками котельной №1 г. Железногорска Красноярского края, выяснилось о постоянных головных болях трудящихся,

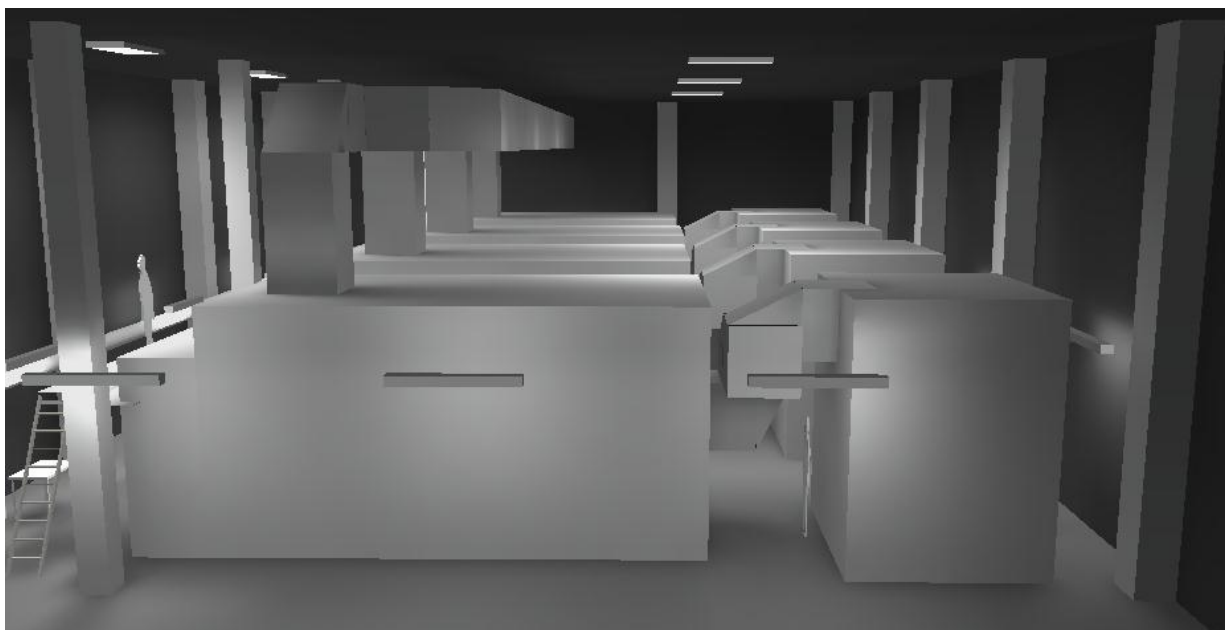
плохом самочувствии, сонливости, тяжести в глазах. Многие работники являются людьми среднего возраста, которые более ярко подвержены влиянию плохого освещения.

3.1 Разработка ИО для котельной №1

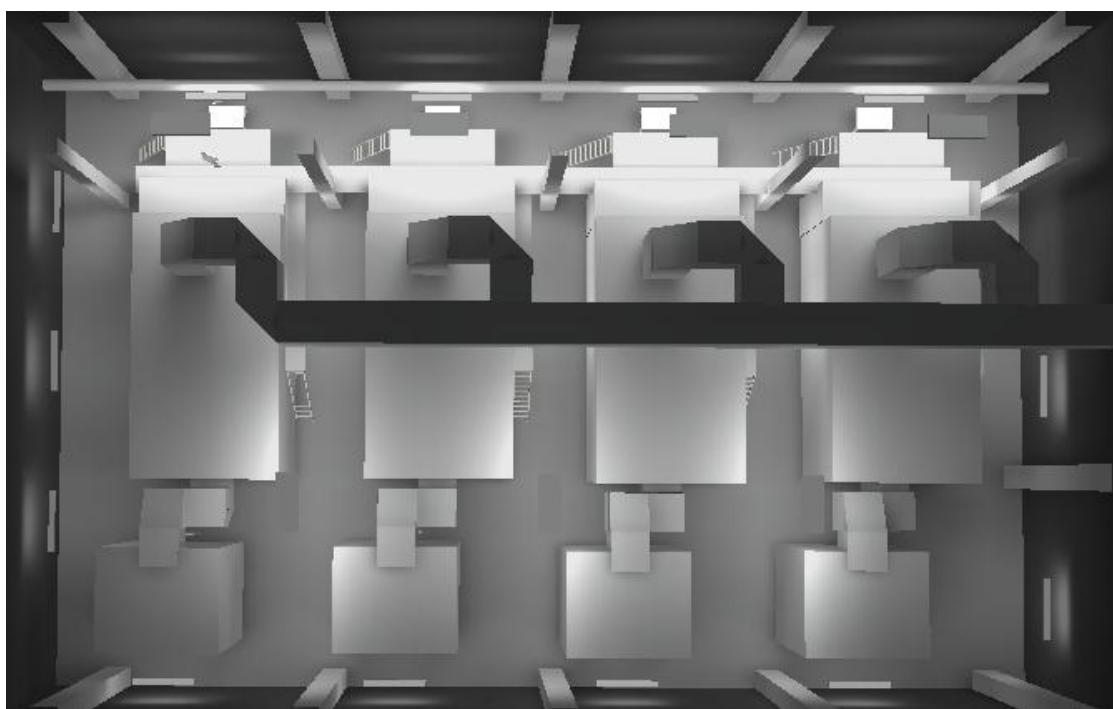
В специализированном программном комплексе DiaLux 4.12 было спроектировано помещение котельной №1 города Железнодорожска в 3D формате (Рисунки 15 а, б, в). Помещение имеет сложную двухъярусную конфигурацию, которая создает сложности при расставление светотехнического оборудования. Имеют место зоны затенения в связи с большими габаритами объектов.



а



б



в

Рисунок 15 – Общий 3D вид котельной в программе DiaLux:

а) Вид спереди; б) Вид сбоку; в) Вид сверху

Так как котельная является объектом с повышенным содержанием пыли и влаги были выбраны светильники со степенью защиты не ниже IP 65. Помимо этого, согласно [23] пункту: «Для питания светильников местного стационарного освещения должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности – не выше 220», а данная котельная относится к категории Б (взрывопожароопасность), из чего следует возможность использовать светильники со стандартным напряжением 220 В.

Были выбраны светильники торговой марки «Световые технологии» STOCK ADVANTAGE для основного освещения и было использовано дополнительное осветительное оборудование (HEATF2 1X58W T26 «Thorn Lighting») с целью устранения зон затенения, общий вид светильников представлены на рисунке 16 а, б.



а

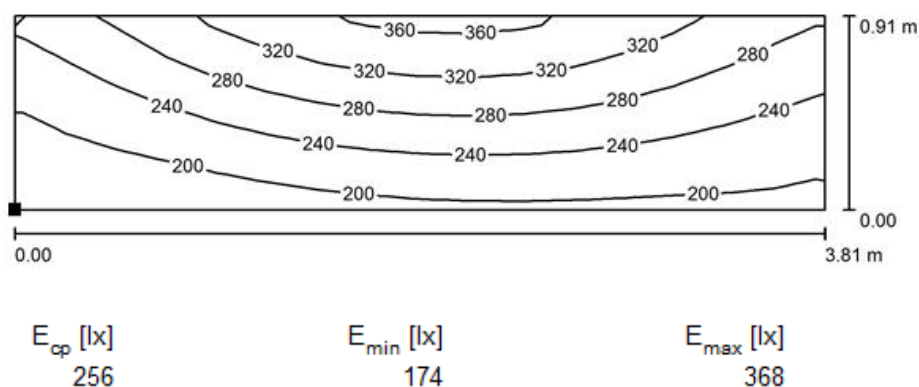


б

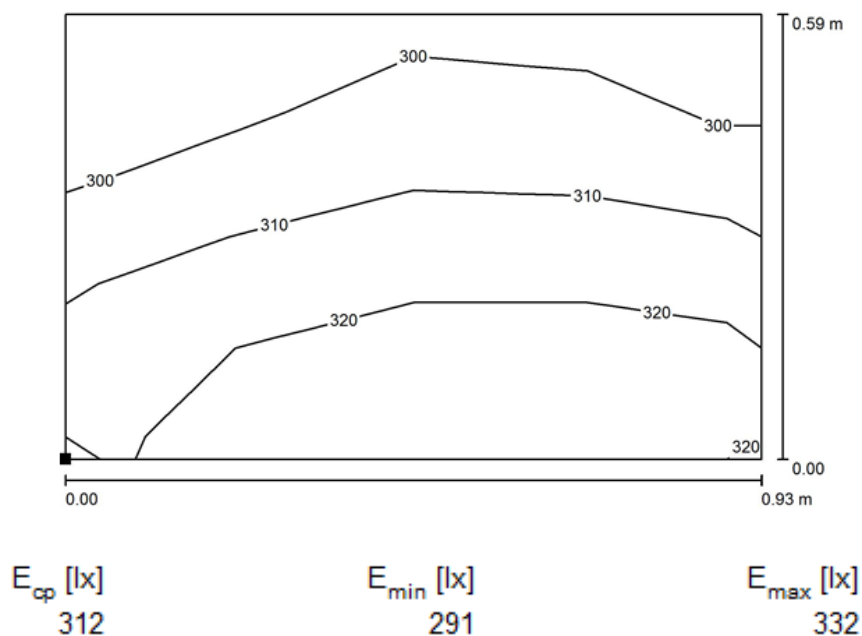
Рисунок 16 – Общий вид светильников: а) STOCK ADVANTAGE 454 with tempered glass (ЛЛ); б) HEATF2 1X58W T26 (ЛЛ)

Были выбраны 3 поверхности: поверхность на верхней панели оператора; рабочий стол оператора и проходы между проходами. Средняя освещенность, согласно СП «Естественное и искусственное освещение» [25], должна быть равна 200 лк, 300 лк и 75 лк, соответственно.

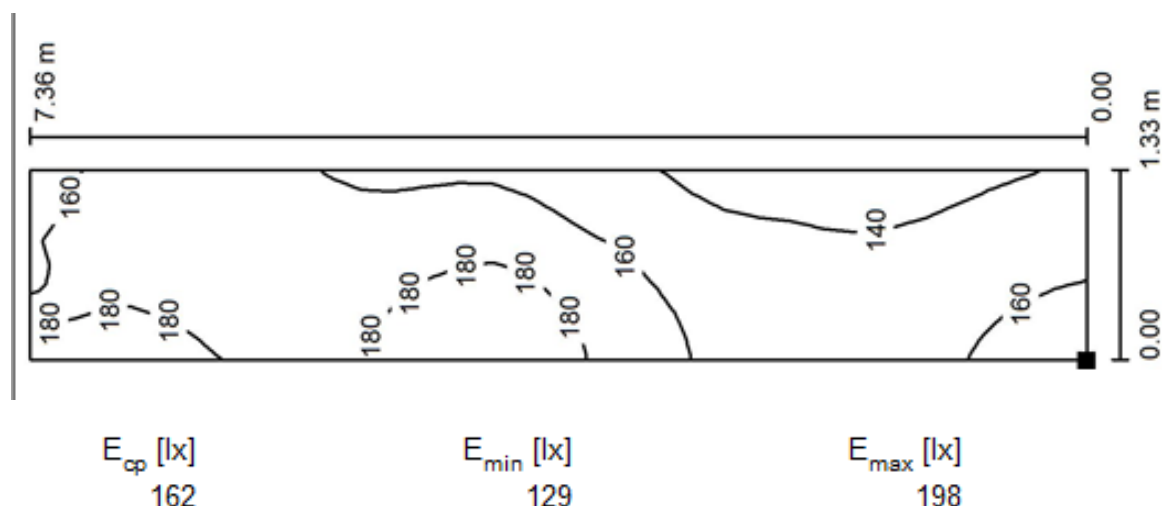
По результатам расчета были получены результаты средней освещенности на расчетных плоскостях, которые представлены на рисунках 17 а, б, в.



а



б



В

Рисунок 17 – Результаты расчета в программном комплексе:

- а) Верхняя панель оператора; б) Стол оператора; в) Проход между котлами

Выбранное оборудование соответствует всем необходимым критериям. Освещенность соответствует нормам.

3.2 Разработка ЕО для котельной №1

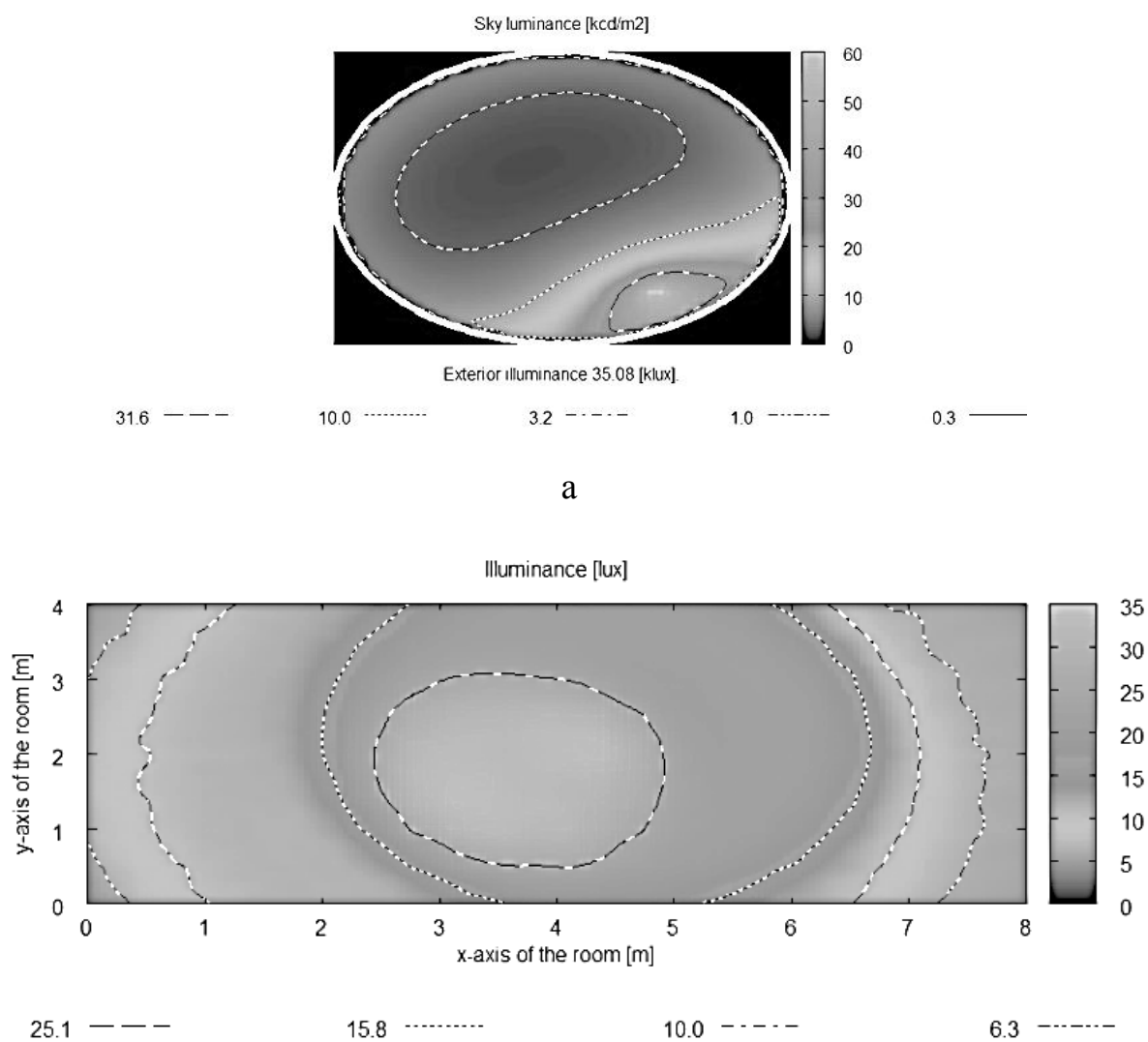
Для сокращения потребления ЭЭ можно использовать систему ЕО – солнечные световоды, которые благодаря своей конструкции, пропускают в помещение больше света по сравнению с другими системами ЕО.

При применении данной системы на территории России с целью обеспечения необходимого уровня освещенности помещения в облачные дни, зимние месяцы, ранним утром и в конце дня, когда Солнце расположено низко над горизонтом, необходим комплексный компьютерный расчет системы. Программный продукт HOLIGILM позволяет просчитать конечную результативность работы системы.

Для этого определяются размеры комнаты, ориентация по сторонам света; устанавливается положение солнца по дате, времени и широте.

Следующие параметры – расположение выхода трубы в комнате (x , y , z), прозрачность купола, длина трубы и его отражение, наружный диаметр,

выбор диффузора/прозрачного стекла. Программа предполагает четыре типа оптического стекла: диффузное стекло, прозрачное стекло, внутренняя часть рассеивается и внешняя часть прозрачная, внутренняя часть прозрачна и внешняя диффузная [24]. Интерфейс программы позволяет отображать результаты в виде изолиний и по цветам (в оттенках серого). Результаты на диффузоре/стекле (рис. 18 а), на заданной рабочей плоскости (рис. 18б).



б

Рисунок 18 – Результаты расчета:

а) На диффузоре; б) На рабочей плоскости

Таким образом, на начальном этапе проектирования осветительной установки программа позволяет провести расчеты освещенности на рабочей плоскости и яркости/освещенности на оптической системе (выходном прозрачном стекле или диффузоре).

Произведен расчет на рабочей плоскости (0,8 м) для котельной №1 г. Железногорска Красноярского края, в котором расположены 8 световодов диаметром 0,6 м на высоте 7 метров от уровня пола. Расположение световодов представлено на рисунке 19.

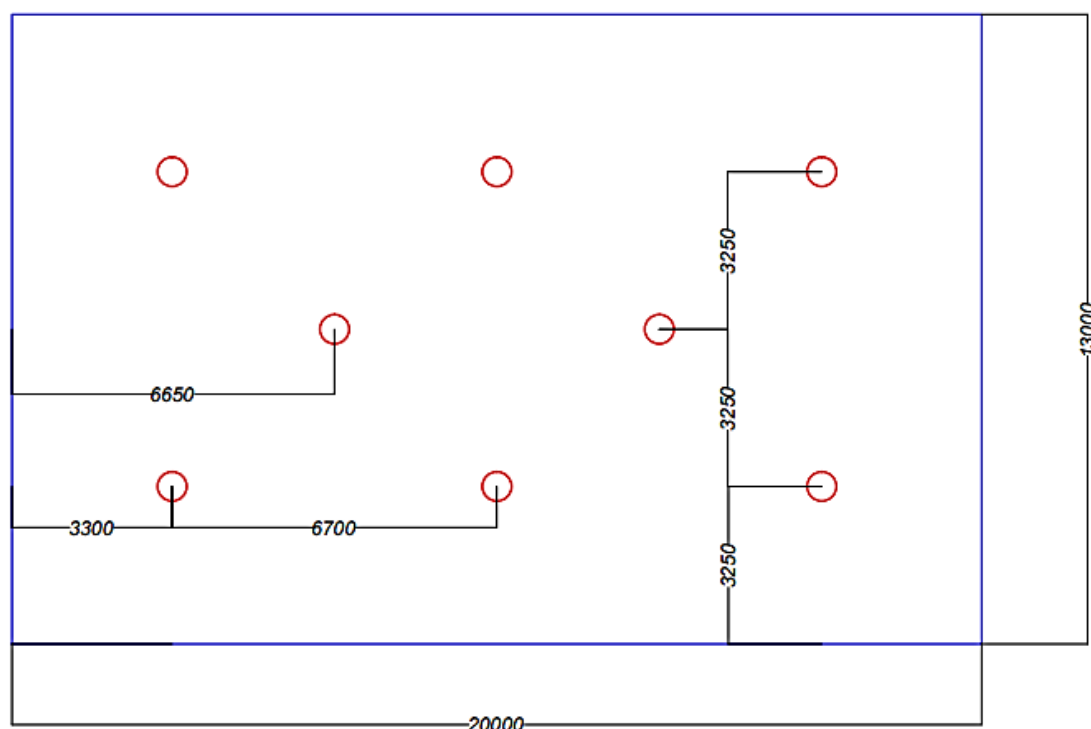


Рисунок 19 – Расположение световодов в котельной №1

Расчет выполнялся для одного дня каждого месяца в течение всего года, результаты представлены в таблице 8. Зона, отмеченная зеленым цветом, отражает освещенность в 300 лк и выше, которая необходима в котельной при работе персонала. Более подробная зависимость средней освещенности от времени для каждого месяца представлена на рисунке 20. Следовательно, в это время ИО можно не включать, а значит и будет происходить экономия ЭЭ.

Таблица 8 – Средняя освещенность для одного дня каждого месяца в котельной №1

дд/мес.	Еср., лк																
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	3:00	18:00	19:00	20:00
01.январ.				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.фев.				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.мар.			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.апр.		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.май		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.июн.	1,4	5,7	27	112,3	201,7	305	315	340,3	359,5	340,3	315	305	201,7	112,3	27	5,7	1,4
01.июл.		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.авг.		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.сентяб.			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.окт.				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.нояб.				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.декаб.				1,4	9	27	36	87	112,3	87	36	27	9	1,4			

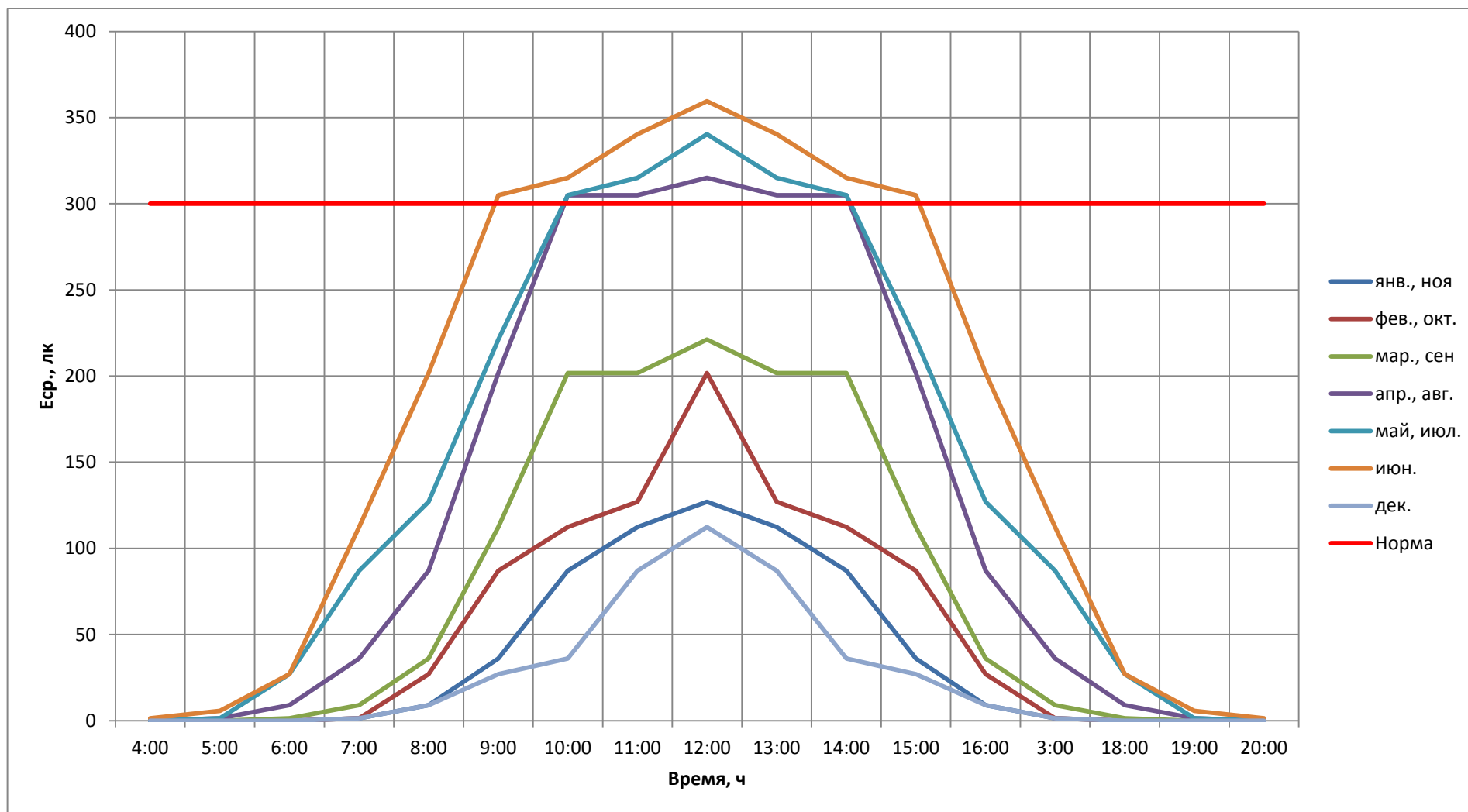


Рисунок 20 – Зависимость средней освещенности от времени для 12 месяцев

Для расчета экономии ЭЭ были взяты месяцы, где освещенность достигала 300 лк и выше, остальные месяцы не учитывались. Так для месяцев с апреля по август экономия электричества в часах составила 825. С учетом тарифа (4,1 р. за кВт·ч) 9021, 1275 р. Подробный расчет представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Экономия ЭЭ в котельной №1

Месяц	Тариф, р.	кВт	ч в день	дни	ч в месяц	кВт·ч	Экономия, р.
Апрель	4,1	2,667	5	30	150	400,05	1640,205
Май			5	31	155	413,385	1694,8785
Июнь			7	30	210	560,07	2296,287
Июль			5	31	155	413,385	1694,8785
Август			5	31	155	413,385	1694,8785
Итого:			27	153	825	2200,275	9021,1275

Таким образом, ЭЭ экономится путем не включения системы ИО. При освещенности меньше 300 лк необходимо включение светильников, но не всех, при освещении в 200 лк должно быть дополнительное освещение в 100 лк от светотехнического оборудования в местах высокого уровня зрительной работе (на столе оператора). При освещенности в 100 лк – 200 лк от ИО на столе оператора и 100 лк от ИО на верхней панели. Следовательно, при частичном отключении светильников сокращается потребление ЭЭ и при этом поддерживается нормируемый уровень освещенности. Но такая система будет работать эффективно с использованием САУ с датчиками освещенности и микроконтроллером, который и будет контролировать процесс включения/отключения ИО.

3.3 Разработка САУ для котельной №1

Системы управления освещением обеспечивают дополнительные возможности для экономии электроэнергии. Светорегулирование делает осветительные установки эффективнее и экономичнее, лампы и светильники могут оптимально управляться и обслуживаться, достигается наивысший световой комфорт. Так, при установке датчиков присутствия и датчиков освещенности, регулирующих уровень освещения с учетом интенсивности естественного света, суммарная экономия электроэнергии может составить до 65 % [22].

Вместо жесткого режима «вкл/выкл» появляется экономичное и отвечающее потребностям управление освещением: от изменения освещенности через вызов световых режимов в соответствии с наличием дневного света до динамичного использования света. При этом экономия энергии и комфорт не находятся в противоречии: дневной свет будет дополняться по потребности искусственным светом – современным, экономичным и приближенным к естественному. Очевидная выгода: потребитель в любое время сам может установить желаемый уровень освещенности. Пример установки в котельной системы управления, которая будет регулироваться путем установки и регистрации датчиками уровня естественной освещенности, представлен на рисунке 21.

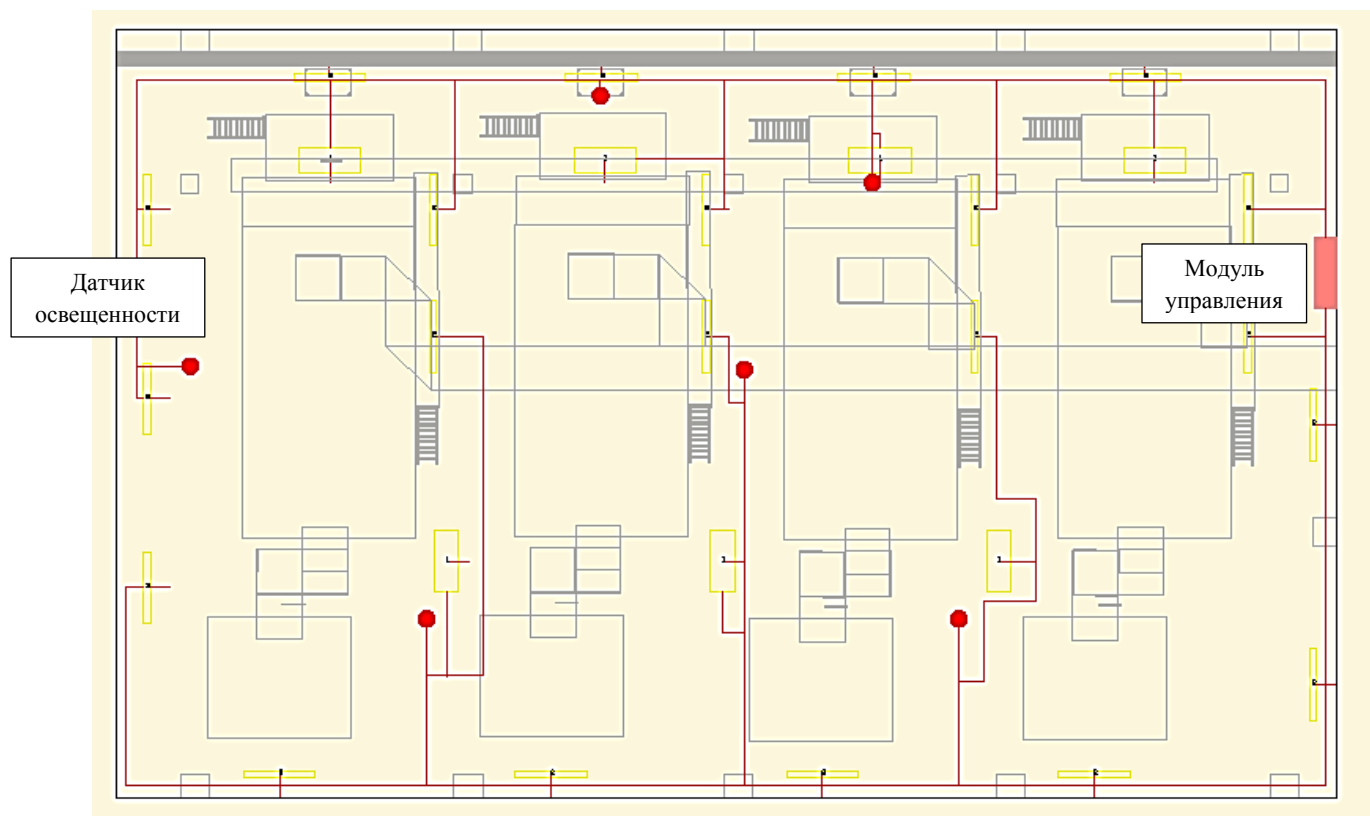


Рисунок 21 – Система автоматического управления в котельной №1

Датчики света фиксируют уровень освещенности, создаваемый естественным светом и светильниками. В зависимости от высоты потолков и уровня естественного освещения в помещении группы светильников управляются таким образом, чтобы поддерживался заданный уровень освещенности. Пользователь может в любой момент самостоятельно понизить или повысить уровень освещенности. В такой системе искусственный и естественный свет прекрасно дополняют друг друга.

В данной котельной светильники регулируются балластами путем управляющих проводов DALI. DALI – это основа для построения систем управления освещением в соответствии с назначением, распространенный во всем мире и принятый изготовителями разных стран стандарт интерфейса для ЭПРА. Включение и регулирование при этом происходит по линии управления, т.е. реле не требуются. Информация о режиме ламп запоминается в ЭПРА и является доступной для модуля управления. DALI –

интерфейс для всех средств профессионального освещения. Электронные балласты автоматически находят устройство управления – модуль. Функция балластов – это, прежде всего, адресация устройств, световые сценарии, распределение по группам, скорости диммирования.

Во время проектирования нет необходимости делить светильники на группы. Это можно сделать позже за счет простой адресации с помощью модулей управления. Проектирование управляющих и питающих проводов можно выполнять раздельно. Модуль управления программируется в соответствии с необходимым соотношением искусственного и естественного освещения. При разных уровнях регулировки освещенности или комбинации разных средств освещения изменение режимов освещения с DALI происходит синхронно. При этом все средства освещения одновременно достигают новых световых параметров. Модуль подает сигналы на балласты, а также питает электроэнергией группы светильников и датчики естественной освещенности. Датчики, в свою очередь, регистрируют данные и передают их модулю, для дальнейшей обработки. Световые группы в DALI не привязаны к проводам. Группировка светильников производится простой адресацией через модуль управления и в любое время может быть изменена.

Обязательно должно иметься стационарное управление, которое включает систему освещения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4BM4A	Иванова Светлана Сергеевна

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

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. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	-
2. Разработка устава научно-технического проекта	1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения	1. Иерархическая структура работ 2. Контрольные события проекта 3. План проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Технико-экономическое обоснование проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

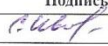
1. Иерархия структуры работы по проекту;
2. Диаграмма Ганта – календарный план-график проведения НИОКР по теме
3. Ключевые финансовые показатели проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			2.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM4A	Иванова Светлана Сергеевна		2.03.16

4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

4.1. Инициация проекта

4.1.1 Цели и результат проекта.

В данной ВКР существуют только 3 заинтересованные стороны – исполнитель проекта (выпускающийся студент), его научный руководитель и потребитель (котельная). Эти стороны активно участвуют в проекте. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представить в таблице 10.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Исполнитель (студент)	Написание и защита ВКР магистра на положительную оценку.
Научный руководитель	Защита студентом ВКР на высоком уровне. Положительное одобрение со стороны вышестоящего руководства.
Потребитель	Проект по повышению эффективности осветительных установок.

Информация об иерархии целей проекта и критерии достижения этих целей представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка совмещенного освещения (искусственного и естественного) по средствам системы автоматического управления в котельной №1 г. Железнодорожска Красноярского Края.
Ожидаемые результаты проекта:	1. Светотехнический проект искусственного освещения (ИО) в соответствии с СП [25]. 2. Выбор системы естественного освещения (ЕО) по эффективности пропуска солнечного света. 3. Светотехнический проект ЕО.
Критерии приемки результата проекта:	1. Светотехнический проект соответствует СП [25]. 2. Система ЕО эффективна и сокращает потребление электроэнергии (ЭЭ).
Требования к результату проекта:	1. Выводы по результатам проекта должны быть аргументированы. 2. Результаты проекта должны быть оформлены в соответствии с СТО ТПУ.

4.1.2 Организационная структура проекта.

На этом этапе работы необходимо решить, кто будет являться участниками проекта, определить роль каждого участника, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Иванова Светлана Сергеевна, студент	Исполнитель проекта.	Разрабатывает проект совмещенного освещения.	1000
2	Коржнева Татьяна Геннадьевна	Консультант и координатор проекта. Отвечает за выполнение проекта.	Консультирует по вопросам, возникающих в проекте. Координирует направления развития проекта, а также отслеживает выполнения проекта в целом.	400
ИТОГО:				1400

4.1.3 Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут

реализованных в рамках данного проекта. Подробная информация представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	35 тыс. руб.
3.1.1. Источник финансирования	ФГАОУ ВО НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2014-17.06.2016
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	29.09.2014
3.2.2. Дата завершения проекта	17.06.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения	Время использования научного оборудования – люксметра для измерения освещенности в котельной №1.

4.2. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. иерархическая структура работ по проекту (приложение Г).

4.2.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо было определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты. Результаты представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1.	Исследование объекта	29.09.2014- 09.01.2016	Замеры освещенности в котельной.
2.	Разработка проекта ИО	10.04.2016	Светотехнический расчет в программном комплексе DiaLux.
3.	Выбор системы ЕО	20.01.2015- 20.04.2016	Сравнительно-расчетная таблица по сравнению систем ЕО.
4.	Разработка проекта ЕО	01.05.2016	Светотехнический расчет в программном комплексе HOLIGILM.
5.	Выбор САУ	01.05.2016	Проект САУ.

4.2.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо было построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 12).

Таблица 15 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.1	Исследование объекта	468	29.09.2014	09.01.2016	Иванова С.С
1.1.1- 1.1.2	Замер освещенности; диалог с сотрудниками котельной	1	08.01.2016	08.01.2016	Иванова С.С.
1.2	Постановка задачи проектирования ИО	374	31.12.2014	09.01.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
1.3	Выбор светотехнического оборудования	102	09.01.2016	20.04.2016	Иванова С.С.
1.4	Разработка проекта ИО	30	01.04.2016	01.05.2016	Иванова С.С.
2.1	Анализ систем ЕО	468	29.09.2014	09.01.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
2.2.1	Сравнение по характеристикам	374	31.12.2014	09.01.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
2.2.2	Сравнения путем вычислений освещенности	30	01.04.2016	01.05.2016	Иванова С.С.
2.2	Выбор системы ЕО	1	01.05.2016	01.05.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
2.3	Разработка проекта ЕО	15	01.05.2016	15.05.2016	Иванова С.С.
3.1	Анализ САУ	81	09.01.2016	01.04.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
3.2	Выбор САУ по характеристикам	15	01.05.2016	15.05.2016	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.
ИТОГО:		959			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на

котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в приложении Д с разбивкой по месяцам и годам. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

4.3. Техничко-экономическое обоснование замены осветительного оборудования

Рентабельность рассчитывается как отношение прибыли от реализации к сумме затрат на производство и реализацию продукции. Коэффициент показывает, сколько предприятие имеет прибыли с каждого рубля, затраченного на производство и реализацию продукции.

Окупаемость капитальных вложений может быть использована как показатель сравнительной эффективности капитальных вложений при выборе их оптимального варианта. Разные варианты решения данной экономической задачи - развития отрасли, предприятия и т.д. - обычно требуют различных капитальных вложений и текущих затрат.

В производственном помещении осветительным оборудованием являются «гирлянды» из ЛН, которые дают освещенность, в среднем, в 2 раза ниже, чем должно быть по нормам. Поэтому необходимо увеличить количество ЛН для правильного сравнения и расчета с ЛЛ.

Методика расчета ЛЛ (STOCK ADVANTAGE 454) с ЛН. Для начала определим стоимость ЛЛ всех светильников в комплекте с лампой $\sum C_{сз}$ по формуле:

$$\sum C_{сз} = N_c \cdot C_c + N_n \cdot C_n = 7 \cdot 7456 + 4 \cdot 111 = 52636 \text{ р.}$$

Далее определим стоимость электроэнергии в год $C_{э}$:

$$C_{э} = P \cdot \tau \cdot C_{э} \cdot N_n = 58 \cdot 8760 \cdot 4,1 \cdot 4 = 8332,51 \text{ р.}$$

Также необходимо учитывать стоимость замены ламп в год $C_{з/л}$, который напрямую зависит от среднего числа часов работы лампы $T_{ср}$:

$$C_{з/л} = (C_{л} \cdot \tau) / T_{ср} \cdot N_{л} = (200 \cdot 8760) / 20000 \cdot 4 = 350,4 \text{ р.}$$

Следующим этапом будет подсчет полных годовых затрат, $\sum Z$:

$$\sum Z_3 = C_{э} + C_{з/л} = 8332,51 + 350,4 = 8682,91 \text{ р.}$$

В итоге, получаем экономию в год $\mathcal{E}$, вычитая затраты на ЛЛ из затрат на ЛН:

$$\mathcal{E}_3 = \sum Z_3 - \sum Z = 8682,51 - 22228,5 = -17991,29 \text{ р.}$$

Для оценки эффективности проведения реконструкции определим ключевые финансовые показатели:

1) Дополнительные начальные инвестиции И:

$$\begin{aligned} I_3 &= (N_{сз} \cdot C_{сз} - N_c \cdot C_c) + (N_{лз} \cdot C_{лз} - N_{л} \cdot C_{л}) = \\ &= (7 \cdot 7456 - 23 \cdot 200) + (4 \cdot 111 - 6 \cdot 40) = 47796 \text{ р.} \end{aligned}$$

2) Рентабельность инвестиций R:

$$R = (\mathcal{E}_3 / I_3) \cdot 100\% = (17991,29 / 47796) \cdot 100\% = 38\%$$

3) Период окупаемости Ток:

$$T_{ок} = I_3 / \mathcal{E}_3 = 47796 / 17991,29 = 2,66 \text{ г.}$$

Общие результаты представлены в приложении Е.

Период окупаемости оборудования при замене светотехнической установки, имеющейся в котельной, составляет 2,79 года и рентабельность инвестиций при этом – 36%. Но самое важное повысится уровень освещенности, соответствующий нормам. Т.е. помимо экономических преимуществ присутствуют еще и социальные, которые представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Социальный эффект

№	Социальные преимущества проекта реконструкции искусственного освещения
1.	Повышение уровня работоспособности у трудящихся
2.	Уменьшение уровня производственного травматизма
3.	Улучшение самочувствия трудящихся
4.	Улучшение условий труда
5.	Улучшения микроклимата (ЛН имеют большую теплоотдачу, при замене ламп снижается температура среды)

Таким образом, смена оборудования не только повысит производительность, но и обеспечит исполнение ФЗ от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Иванова Светлана Сергеевна

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – рабочая зона оператора КИПиА в здании котельной №1 г. Железнодорожная Красноярского Края. Оператор КИПиА обязан вести записи на рабочем столе, проводить контрольно-измерительные операции на панели котельной установки и проводить учет полученных данных.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	Выявлены следующие вредные факторы: – недостаточная освещенность; – неблагоприятные условия микроклимата; – воздействие вредных веществ; – электромагнитное излучение. Предложены меры по снижению вредных факторов в производственной среде. Выявлены следующие опасные факторы: – электротравматизм (опасность поражение электрическим током при работе электроустановок); – пожароопасность. Предложены меры по предотвращению электротравматизма и чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с пожаром
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	Выполнен анализ воздействия котельной на: – атмосферу (выбросы вредных

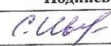
– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	веществ); – гидросферу (выброс холодных технических вод, а так же вредных веществ в водоемы. Предложены меры по решению проблемы окружающей среды объекта – котельной.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – 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 котельной: – пожар (взрыв с дальнейшим возгоранием). Разработаны действия по предупреждению ЧС, разработаны меры по действию в результате ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Предложены организационные мероприятия по трудовому процессу и компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			2.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Иванова Светлана Сергеевна		2.03.16

5. Раздел «Социальная ответственность»

В разделе будет рассмотрена система мероприятий по обеспечению безопасных и безвредных условий труда для оператора КИПиА на угольной котельной №1 г. Железногорска Красноярского Края. Условия работы оператора КИПиА связанные с контролем параметров системы, сопровождаются опасными и вредными факторами.

Рабочим местом оператором КИПиА являются панели с манометрами и термостатами, расположенные около угольных котлов. Угольные котлы это мощные стационарные нагреватели, имеющие высокую температуру. Из-за постоянного парообразования рабочая зона имеет также и высокую влажность. Оператор обязан ввести журнал учета этих датчиков, проводить контроль измерений и постоянно находится на рабочем месте.

5.1. Техногенная безопасность

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

5.1.1.1 Недостаточная освещенность

В первую очередь, к вредным производственным факторам относят малую освещенность рабочего места, недостаток естественного света и микроклимат.

Освещенность очень сильно влияет на работоспособность работников в промышленном помещении. Многие экспериментальные исследования показали, что значение освещенности существенно влияет на зрительную работу. Согласно СП 52 13330 2011 «Естественное и искусственное освещение» была определена освещенность по характеристике точности работ. Расстояние между делениями тонометра составляет 0,5 - 1 мм, что соответствует средней точности работ (III разряд зрительных работ) и составляет 300 лк при темном фоне и малой контрастности [25].

Дневной свет управляет биологическими, физиологическими и психическими процессами в организме человека. В нормальных условиях солнечный свет вызывает образование небольшого количества активных продуктов фотолиза, которые оказывают на организм благотворное действие. Так под влиянием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 280-313 нм провитамины превращаются в витамин D и всасываются в организм, а Роль витамина D заключается в усвоении кальция.

Согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» нормируемое значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) промышленных предприятий для различных систем освещения рассчитывается в зависимости от административных районов по ресурсам светового климата [25].

Так для котельной, расположенной в Красноярске, входит в 1 группу административных районов. Для бункерного отделения котельных залов и площадки обслуживания котлов, в которых VI разряд зрительной работы, КЕО при верхнем и комбинированном освещении - 2 %, при боковом освещении – 0,4 % [13].

5.1.1.2 Неблагоприятные условия микроклимата

Следующим вредным фактором на котельной является нарушение допустимых оптимальных условий микроклимата, то есть отсутствие теплового равновесия между организмом и окружающей средой, а также превышение содержания вредных веществ в воздухе.

Условия микроклимата влияют на организм человека, определяя его самочувствие, а именно:

- недостаток влажности может привести к растрескиванию кожи и слизистой;
- при избытке влажности и высокой температуры к гипертермии или накоплению теплоты и перегреву организма;

- пониженные показатели температуры, при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные значения температуры и скорости движения воздуха для рабочей зоны производственных помещений с учетом тяжести выполняемой работы и сезонов года приведены в таблице 1. Эти значения соответствуют СНиП II-35-76 [26].

Оператор КИПиА входит в категорию Iб на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/час (Вт). К категории Iб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/час (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, контролем параметров [27].

Указанные в таблице 17 параметры являются оптимальными показателями микроклимата на рабочем месте оператора.

Таблица 17 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Холодный	Iб (140-179)	21 – 23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22 – 24	21-25	60-40	0,1

Одним из основных мероприятий по оптимизации параметров микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях является обеспечение надлежащего воздухообмена – эффективной систем вентиляции и отопления.

5.1.1.3 Воздействие вредных веществ

Кроме отмеченных параметров воздуха от оптимальных значений возможно наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ.

Содержание вредных веществ в воздухе не должно превышать установленных предельных допустимых концентраций (ПДК). В таблице 18 представлены ПДК в воздухе вредных веществ на котельной.

Таблица 18 – ПДК вредных веществ на котельной [28]

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Вредность веществ
Углерод оксид (угарный газ)	CO	20	СО замещает кислород, присоединенный к молекуле-носителю, гемоглобину. Наиболее чувствительны органы к СО мозг, сердце и легкие, - больше всего страдают от нехватки кислорода.
Бенз(а)пирен	C ₂₀ H ₁₂	0,00015	Бенз(а)пирен является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды, он опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. Бенз(а)пирен оказывает также мутагенное действие.
Возгоны каменноугольных смол и пеков при среднем содержании в них бенз(а)пирена: а) менее 0,075 %		0,2	Под воздействием перечисленных веществ наиболее часто наблюдается развитие рака кожи. Развитию ракового процесса кожи от воздействия веществ предшествуют предраковые воспалительные изменения — эритемы, хронические дерматиты, фолликулиты, расстройства пигментации кожи типа меланоза. Затем возникают гиперпластические и неопластические проявления сначала доброкачественного характера (папилломы), в дальнейшем переходящие в злокачественный процесс.
б) 0,075-0,15 %		0,1	
в) от 0,15 до 0,3 %		0,05	
Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70 %		0,5	Задерживаясь при вдыхании в глубоких отделах дыхательной системы, пыль вызывает патологические изменения, среди которых наиболее опасно образование соединительной ткани в легких.
Пыль доменного шлака		6	Проникновение пыли в легкие может сопровождаться образованием в них воспалительного процесса. Этот процесс при наличии достаточно количества патогенных микробов может распространиться на более или менее обширный участок легочной ткани и дать пневмонию.
Диоксид серы	SO ₂	0,5	Это токсичное химическое соединение третьего класса опасности. У людей, могут возникать самые разные негативные реакции: отек легких, рвота, насморк, удушье, нарушение речи, кашель, диарея, головокружение, головная боль, тошнота, тяжесть в желудке.
Диоксид азота	NO ₂	0,85	Функциональным эффектом, вызываемым диоксидом азота, является повышенное

			сопротивление дыхательных путей. Иными словами, NO ₂ вызывает увеличение усилий, затрачиваемых на дыхание.
--	--	--	---

Для определения содержания вредных веществ в воздухе отбор проб должен производиться в зоне дыхания (пространство в радиусе до 0,5 м от лица работающего) при характерных производственных условиях.

В течение смены в каждой точке последовательно отбирают такое количество проб, которое явилось бы достаточным для достоверной гигиенической характеристики состояния воздушной среды (но не менее пяти).

Для защиты персонала от вредных веществ необходимо выполнять ряд мер. Снижению поступления в воздух рабочей зоны вредных веществ, способствует улучшение герметизации оборудования, ведение процесса в вакууме, применение замкнутых технологических циклов, непрерывных технологических процессов, своевременный ремонт технологического оборудования, его модернизация и замена новым. Применение средств индивидуальной защиты является важным методом защиты работающих. Однако предпочтение следует отдавать вышеизложенным методам.

5.1.1.4 Электромагнитное излучение

Электромагнитные (ЭМ) волны – неизбежные спутники человека. Все работающие электроприборы (электроприемники) создают вокруг себя ЭМ поле: дисплеи компьютеров, мобильные, обогреватели, светильники и пр. Электромагнитное поле, вызывает движение заряженных частиц: электронов, протонов, ионов или молекул-диполей. Клетки живого организма состоят из заряженных молекул – белков, фосфолипидов (молекул клеточных мембран), ионов воды – и тоже обладают слабым электромагнитным полем. Под влиянием сильного ЭМ поля молекулы, обладающие зарядом, совершают колебательные движения. Это даёт начало целому ряду процессов как

позитивных (улучшение клеточного метаболизма), так и негативных (например, разрушение клеточных структур).

Существует предельный допустимый уровень (ПДУ) плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля составляют - 25мкВт/см² в течение 8 часов, 100мкВт/см² в течение 2 часов, при этом максимальное значение не должно превышать 1000мкВт/см². Для котельной характерны источники ЭМ поля – индукционные котельные, компьютеры. Значения ПДУ представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Значения ПДУ ППЭ [29]

Источник	Диапазон	Значение ПДУ	Примечание
Индукционные печи	20 - 22 кГц	500 В/м 4 А/м	Условия измерения: расстояние 0,3 м от корпуса
Видеодисплейный терминал ПЭВМ	5 Гц - 2 кГц	$E_{\text{ПДУ}} = 25$ В/м $B_{\text{ПДУ}} = 250$ нТл	Условия измерения: расстояние 0,5 м вокруг монитора ПЭВМ
	2 - 400 кГц	$E_{\text{ПДУ}} = 2,5$ В/м $B_{\text{ПДУ}} = 25$ нТл	

Наиболее чувствительны к воздействию ЭМ излучения являются центральная нервная система и глаза, при этом происходит нарушение деятельности сердечно-сосудистой, нейроэндокринной, иммунной систем.

Один из наиболее эффективных способов защиты от негативного воздействия электромагнитного излучения является применение специальных приборов, которые позволяют нейтрализовать данное излучение и максимально минимизировать его негативное воздействие на организм человека. Принцип действия данных приборов основан на

наведении против-ЭДС, которая способствует снижению негативного воздействия на организм человека нежелательных электромагнитных излучений.

Максимальное сокращение времени пребывания в зоне действия электромагнитного излучения является тоже одним из наиболее эффективных способов защиты организма от негативного воздействия электромагнитного излучения.

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

5.1.2.1 Поражение электрическим током

Основной опасный фактор на котельной - электротравмотизм. Средством исключения электротравм является их предвидение при любом контакте с электроприборами и принятие необходимых мер безопасности. Напряжение прикосновения – это разность потенциалов точек электроцепи, которых человек касается одновременно, обычно в точках расположения рук и ног. Шаговое напряжение – это разность потенциалов в поле растекания тока по поверхности земли между точками, расположенными на расстоянии шага (приблизительно 0,8 м).

Причинами поражения электрическим током могут быть:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановок, находящимся под напряжением;
- прикосновение к отключенным токоведущим частям, на которых напряжение может иметь место в случаях:
 - наличия остаточного заряда;
 - ошибочного включения электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- прикосновения к металлическим нетоковедущим частям или связанного с ними электрооборудования (корпуса, кожуха, ограждения) в случае перехода на них заряда с токоведущих частей (пробой);

- поражение шаговым напряжением при пребывании человека в поле растекания электрического тока в случае замыкания на землю;

Выделяют следующие причины электротравматизма:

- организационные (нарушение требований правил и инструкций, недостатки в обучении персонала);
- технические (ухудшение электрической изоляции, отсутствие ограждений, сигнализации и блокировки, дефекты монтажа и др.);
- психофизиологические (переутомление, несоответствие психофизиологических показаний данному виду учебно-производственной или иной деятельности);
- социальные (непослушание, любопытство).

В основу обеспечения электробезопасности должно быть положено выполнение требований действующих правил устройства электроустановок (ПУЭ) и правил охраны труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок. При выборе и расчете технических устройств и других средств защиты учитываются три основных параметра: сила тока, протекающего через тело человека, напряжение прикосновения и длительность протекания тока.

Согласно ГОСТ Р 50571.3-94 для защиты от прямого прикосновения токоведущие части должны быть полностью покрыты изоляцией, которая может быть устранена только разрушением.

Для заводских изделий изоляция должна соответствовать стандартам на это оборудование.

Для другого, оборудования защита должна быть обеспечена изоляцией, способной длительно противостоять нагрузкам, возникающим в процессе эксплуатации (механические, электрические, химические и тепловые воздействия). Краски, лаки, олифы и подобные вещества сами по себе не рассматриваются как достаточная изоляция

для защиты от электрического поражения при нормальных условиях эксплуатации.

Автоматическое отключение питания при повреждении изоляции предназначено для предотвращения появления напряжения прикосновения, длительность воздействия которого может представлять опасность. Действующим органом является защитное устройство, предназначенное для автоматического отключения питания цепи или электрооборудования, которое обеспечивает защиту от косвенного прикосновения при замыкании токоведущей части на открытую проводящую часть или защитный проводник цепи или электрооборудования таким образом, что время отключения питания должно обеспечивать электробезопасность человека при одновременном прикосновении к проводящим частям также в случае возможного превышения значений напряжения прикосновения 50 В переменного тока (действующее значение) и 120 В выпрямленного тока. Время отключения составляет 0,8 с для системы TN при 230 В [30].

5.2. Региональная безопасность

5.2.1 Защита атмосферы

При работе котельных происходит загрязнение атмосферы и водоемов вредными выбросами. Вредные выбросы в атмосферу поступают в виде твердых частиц (зола и сажа), а также газообразных токсичных веществ. Количество и содержание вредных выбросов в атмосферу определяется видом топлива и организацией процесса сгорания.

Выброс сернистых соединений обусловливается содержанием серы в топливе. В твердом топливе она находится в виде включений железного колчедана FeS_2 , сульфатной серы, а также входит в состав органической массы топлива. При обогащении угля содержание FeS_2

снижается. При гидротермической очистке угля от серы из него могут быть удалены как FeS_2 , так и органическая сера. Известен способ связывания серы в кипящем слое, состоящем из угля и размолотого известняка. При температуре около 900°C происходит диссоциация CaCO_3 на CO_2 и CaO ; CaO вступает в реакцию с серой, образуя CaSO_4 . В этом случае очистка топлива от серы достигает 90 %.

Содержание серы в жидком топливе можно уменьшить воздействием высоких температур и использованием окислителей (газификация) или без них (пиролиз). Из-за сложности и высокой стоимости эти способы очистки мазута от серы в котельных не применяются.

Дымовые газы от оксидов серы очищают с помощью мокрых скрубберов, однако такая очистка малоэффективна.

Выброс оксидов азота можно уменьшить посредством рациональной организации процесса горения: двухстадийного сжигания топлива, подачи воды и пара в зону горения, уменьшения избытка воздуха в топке, рециркуляции дымовых газов в топочную камеру. Удаление оксидов азота из дымовых газов можно провести путем абсорбции раствором аммиака, адсорбцией силикагелем или торфощелочными сорбентами.

Выброс твердых частиц можно снизить с помощью различных золоуловителей: инерционными сухими или мокрыми фильтрами, электрофильтрами, комбинированными устройствами [31].

5.2.2 Защита гидросферы

К вредным выбросам в гидросферу относятся охлаждающие воды, сточные воды из систем гидрозолоудаления, подготовки воды, отработанные растворы химической очистки оборудования, растворы от промывки котлов, работающих на мазуте, и т.д. Снижение загрязнений водоемов сточными водами возможно либо в результате очистки всех

стоков до предельно допустимых концентраций вредных веществ, либо за счет внедрения оборотных систем с многократным использованием воды. При этом степень очистки и количество забираемых из источников вод уменьшаются.

Способ очистки сточных вод зависит от состава вредных примесей. Если в сточных водах содержатся нефтепродукты, то применяют отстаивание, флотацию и фильтрование. Выделенные нефтепродукты направляют в мазутосборник, а затем — после подогрева — в котельную для сжигания. При очистке сточных вод после промывки котлов их нейтрализуют щелочными растворами и отстаивают. После отстаивания из шлама выделяется ванадий [31].

При сбросе сточных вод в водные бассейны происходит не только их загрязнение, но и повышение температуры воды. Согласно водно-санитарному законодательству летняя температура воды при спуске сточных вод не должна превышать среднемесячную температуру воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет более чем на 3 °С [32].

5.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Организация и оснащение рабочих мест и сфер обслуживания осуществляется с учетом их назначения: оператор КИПиА должен иметь персональный стол для введения контрольно-измерительных записей. А также свободный доступ к манометрам и термостатам.

Рабочие места оснащаются организационной оснасткой, при выборе которой необходимо соблюдать следующие требования:

- удобный доступ к органам управления;
- соответствие оснастки ее функциональному назначению;
- удобное размещение применяемой типовой или стандартной оснастки, предметов труда;
- соблюдение требований нормативных, правовых актов по охране труда.

Организационными мероприятиями обеспечения безопасности смены на электроустановках, являются:

- оформление наряда, распоряжения или перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе в случаях;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы

Чтобы подготовить рабочее место к работе, следует произвести необходимые меры. Т.к. на котельной имеется опасность напряжения, то необходимо выполнить меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы из-за самопроизвольного или ошибочного включения коммутационной аппаратуры. Вывесить запрещающие плакаты и, при необходимости, установить ограждения, проверить отсутствие напряжения, наложить переносные заземления, вывесить предупредительные и разрешающие плакаты (при работах с полным снятием напряжения данное требование не обязательно). Оставшиеся под напряжением токоведущие части ограждают.

Работы оператора КИПиА, связанные со средними физическими усилиями и средним нервным напряжением должны чередоваться с двумя перерывами по 5 минут в течение смены: через 2 часа после начала работы и за 1,5 часа до ее окончания. Также необходима производственная гимнастика 2 раза в день, для которой на предприятии должен быть один методист, так как предприятие меньше 3000 человек [33].

5.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений

Наиболее распространенной и эффективной является бригадная форма организации труда. На котельной все работники разделены на 3 бригады, которые работают посменно. Смена составляет 8 часов.

При применении бригадной формы организации труда должны обеспечиваться следующие условия:

- за бригадой закрепляется выполнение определенного вида труда;
- организация в бригаде учета работы, расхода сырья, материалов, трудовых и энергетических ресурсов;
- закрепление производственной площади, обеспечивающей территориальное единство и удобство обслуживания оборудования;
- обеспечение бесперебойной работы оборудования.

Согласно СНиП 11-01-95 рациональное чередование работы с перерывами на отдых следует предусматривать в целях оптимизации напряженности трудовой деятельности. Разработка рациональных режимов труда и отдыха должна выполняться с учетом определения сменности и длительности рабочих смен (неполный рабочий день, гибкие и скользящие графики режима работы), перерывов на отдых и обед с учетом специфики организации производства, половозрастного состава работающих и др.

Мероприятия по охране труда на каждом рабочем месте предприятия являются приоритетными и направлены на сохранение здоровья, работоспособности работников, на снижение потерь рабочего времени и, как следствие, на повышение производительности труда [33].

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Избежание ЧС – принятие и соблюдение правовых норм, выполнение эколого-защитных, отраслевых или ведомственных требований и правил, а также проведение комплекса организационных, экономических, эколого-защитных, санитарно-гигиенических,

направленных на обеспечение защиты населения, объектов народного хозяйства и иного назначения, окружающей природной среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Причинами ЧС могут быть как явления природного характера, так и аварийное происшествие. Для обеспечения минимального ущерба при ЧС необходимо заблаговременно проводить комплекс мероприятий, направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения. Так же необходимо подготовить территорию для обеспечения функциональности при ЧС, например, возможность подъезда машин специализированных аварийных служб [34].

Пожары и взрывы наиболее характерный вариант ЧС, на рассматриваемом объекте – котельной, которые могут привести к выходу из строя оборудования электростанции, а следовательно оставить без электроснабжения поселок. Также это может привести к значительным материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей, не говоря уже о возможных травмах и жертвах. Для предотвращения подобной ситуации следует предусмотреть ряд противопожарных мер:

1. Для освещения помещений, в которые не исключено проникновение горючего газа, паров взрывоопасных веществ, должна применяться взрывозащищенная осветительная арматура.

2. В производственных помещениях должны быть выполнено аварийное освещение.

3. Разлитые или протекшие жидкости должны быть нейтрализованы и удалены.

4. На территории и в помещениях должны быть необходимые средства пожаротушения [35].

Заключение

В ходе работы были разработаны технологические и организационные мероприятия по повышению энергетической эффективности систем освещения производственного помещения котельной №1 г. Железногорска Красноярского края при одновременном обеспечении комфортной светоклиматической среды за счет оптимизации системы совмещенного освещения здания.

Путем расчетов было проведено сравнения систем ЕО таких, как окно, зенитный фонарь, шедовый фонарь, фонарь-надстройки и солнечный световод. По расчетным данным наиболее эффективна система световодов, световоды на протяжении всех месяцев поддерживают необходимый уровень освещенности, за исключением декабря. Проект с применением такой системы был выполнен в программном комплексе HOLIGILM, т.к. при сравнении расчетных и программных данных разница между значениями составила 7,6 % от расчетных значений. Таким образом, ЭЭ экономия путем не включения системы ИО составляет 9021,13р. при уровне освещенности 300 лк. Экономится 2200,275 кВт·ч в год или 825 ч ИО находится в выключенном состоянии.

При замене системы ИО, повышается уровень освещенности производственного помещения. Период окупаемости оборудования (светильники торговой марки «Световые технологии» STOCK ADVANTAGE) при замене светотехнической установки – ЛН, имеющейся в котельной, составляет 2,79 года и рентабельность инвестиций при этом – 36%. Но самое важное система ИО будет оптимизирована и, как следствие, понизится уровень производственного травматизма, а уровень работоспособности трудящихся повысится.

Результаты проделанной работы позволяют подвести следующие итоги:

1. Исследована роль естественного освещения в обеспечении светового комфорта: биологическая неадекватность естественного и искусственного света.
2. Проведен энергоаудит объекта – котельной №1, г. Железногорск, Красноярский край.
3. Найдены пути сокращения ЭЭ на освещенность.
4. Проведен сопоставительный анализ современных систем естественного освещения.
5. Разработан проект освещения производственного цеха (котельная №1, г. Железногорск, Красноярский край), реализующего систему совмещенного освещения на базе световодной трубы, осветительной техники и системы автоматического управления, который позволяет повысить эффективность работы осветительной установки в целом.

Список публикаций

1. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Фотобиореактор для культивирования хлореллы // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. - 2015 - №. 3. - С. 221-223
2. Трофимчук О. А. , Малахов А. С. , Иванова С. С. Автоматизированный фотобиореактор для культивирования микроводорослей *Chlorella Vulgaris* [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т, Томск, 5-9 Октября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 85-87
3. Коржнева Т. Г. , Иванова С. С. Системы естественного освещения в промышленных помещениях // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов IV Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 21-24 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 194-198
4. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Разработка энергоэффективного фотобиореактора для выращивания хлореллы // От проектного инжиниринга к строительному: материалы секции студентов и школьников VI научно-технической конференции молодых специалистов, Омск, 7 Ноября 2015. - Омск: Омскбланкиздат, 2015 - С. 12-14
5. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Исследование условий культивирования хлореллы с использованием светодиодных облучателей // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Саранск, 28-29 Мая 2015. - Саранск: Афанасьев В.С., 2015 - С. 255-260

6. Алексеев М. А. , Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Коршунов К. О. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. Установка для культивирования микроводоросли хлореллы [Электронный ресурс] // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22-24 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 377-381
7. Иванова С. С. Системы естественного освещения для промышленных помещений [Электронный ресурс] // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22-24 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 182-186
8. Иванова С. С. , Никитин В. Д. Сравнение светотехнических и экономических характеристик разрядных ламп высокого давления и твердотельных источников излучения // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Саранск, 28-29 Мая 2015. - Саранск: Афанасьев В.С., 2015 - С. 362-367
9. Арьянова Э. Д. , Иванова С. С. , Карпова О. С. , Трофимчук О. А. , Шевченко И. Г. , Алексеев М. А. , Коршунов К. О. Культиватор для выращивания хлореллы в искусственных условиях // Архитекторы будущего: сборник научных трудов Всероссийской научной школы по инженерному изобретательству, проектированию и разработке инноваций, Томск, 28-30 Ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 18-23
10. Иванова С. С. Расчет освещенности на рабочей плоскости через трубчатые световоды // Молодые светотехники России: сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Москва, 10-13 Ноября 2015. - Москва: МЭИ, 2015 - С. 116-117

Список литературы

1. Боммель В. Промышленное освещение и производительность труда// Светотехника. – 2003. - №1. – С. 7-12.
2. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. – М.:Знак, 2006. – 940 с.
3. Иоффе К. И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Светотехника и электроэнергетика. – 2008. – №3. – С. 21-29.
4. Боммель В. Промышленное освещение и производительность труда// Светотехника. – 2003. - №1. – С. 8-12.
5. Финк А.В. «Исследование влияния уровня освещенности на чувствительность сетчатки глаз и время зрительно-моторной реакции» // «Известия» Журнал теоритических и прикладных исследований - 2009 - 3(63). – С. 30-31.
6. Федюкина Г.В. Современное освещение школ / Под общей редакцией профессора Ю.Б. Айзенберга – Москва: Знак, 2011. – С.16.
7. Бельд Г. Свет и здоровье// Светотехника. – 2003. - №1. – С. 4-7.
8. Электронный ресурс. Светотехническое сообщество ЭкспертЮнион. Режим доступа: <http://expertunion.ru/metodiki-osvescheniya/promyishlennoe-osveschenie.html> – 2.12.2014
9. Прудник А.М. Энергосбережение в системах освещения: методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Основы экологии и энергосбережения» – Минск: БГУИР, 2008. – С. 4.
10. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение в освещении. Под редакцией проф. М.: Издательство «Знак», 1999. – С. 5-26.
11. Закгейм А. Л. Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья // Светотехника – 2012. – №6. – С. 12-21.

12. Анализ экономических показателей полупроводниковых и традиционных источников». Крымов А. В., Никитин В. Д. Электронный ресурс: <http://alkrymov.moy.su> – 12.10.14
13. Мигалина И. В. Учебное издание. Расчет и проектирование естественного освещения помещений. – М.: Мархи, 2013. – 81 с.
14. Электронный ресурс. Сайт экологической грамотности. Режим доступа: <http://nature-time.ru/2014/01/estestvennoe-osveshhenie-pomeshheniy/> – 21.02.2015
15. Соловьев А.К. Проектирование светопрозрачных конструкций и естественного освещения зданий. – М.: МИСИ, 1984. – 115 с.
16. Шилкина Н.В. Система естественного освещения // Здания высоких технологий - осень 2013 – С. 74-83.
17. Александров А.П. Проектирование светопрозрачных конструкций и естественного освещения зданий. – МИСИ, 1984. – С. 5-26.
18. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «Solarspot» // Светотехника. – 2005. – №5. – С. 34-42.
19. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. – 2011. – №5. – С. 41-47.
20. Электронный ресурс. Википедия. Свободная энциклопедия Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Световой_колодец – 21.02.2015
21. Оболенский Н.В. Архитектурная физика. – Архитектура-С. Москва, 2007 – 442 с.
22. Шевченко А.С. Энергоэффективное освещение в школах – путь к сохранению здоровья учащихся // Электронный журнал «Энергосвет» - №6 (19) – С. 67-68.
23. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7. – М.: НЦ ЭНАС, 1999. – 461 с.

24. Stanislav Darula. Tubular Light Guides: Estimation of Indoor Illuminance Levels// The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America. – 2010. – Volume 6, Issue 3 – P. 241-252.
25. СП 52.13330-2011. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион России, 2011. – 47 с.
26. СНиП II-35-76. Строительные нормы и правила. Котельные установки. – М.: Минрегион России, 2012. – 99 с.
27. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.
28. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. – М.: Минздрав России, 2003. – 265 с.
29. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Минздрав России, 2001. – 39 с.
30. ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92412). Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
31. Беликов С.Е. Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы. – ЛитРес, 2012. – 360с.
32. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: Минздрав России, 2000. – 15 с.
33. СНиП 11-01-95. Организация и условия труда работников. Управление производством и предприятием. – М.: Минстрой России, 1995. – 21 с.
34. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. – М.: Госстандарт России, 2000. – 12 с.
35. ППБ-01-93. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: ВНИИПО МВД, 1998. – 150 с.

Приложение А
(обязательное)

Раздел 3

The object of study - boiler house №1 Zheleznogorsk, Krasnoyarskii krai

Студент:

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
4BM4A	Иванова С.С.	<i>С.И.И.</i>	31.05.2016

Консультант кафедры ЛИСТ:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Коржнева Т.Г.			31.05.2016

Консультант-лингвист кафедры ИЯФТИ:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ботова А.Л.		<i>А.Л.Б.</i>	31.05.2016

3. The object of study - boiler house №1 Zheleznogorsk, Krasnoyarskii krai

The object of research is boiler house №1 municipal enterprise “Gorteploenergo”. It is part of the Zheleznogorsk Krasnoyarskii krai (Closed City) communal complex on heat supply.

Heat source was commissioned in 1956 for the needs of Department building “Sibhimstroy”, which provided the construction of the strategically important objects of defensive value in the company towns of Krasnoyarsk-26 (Zheleznogorsk) at the Mining and Chemical Combine, Scientific-Production Association of Applied Mechanics (now It is JSC “Information satellite systems named after academician M.F. Reshetnev”), a chemical plant in the village of Podgorny.

Coal boiler house №1 provide uninterrupted heat supply area division “Sibhimstroy”, department of industrial enterprises that placed 4 factories and house-building factory.

Once in 1964 in Krasnoyarsk-26 was developed and implemented a unique scheme of using a nuclear reactor heat for heating and hot water supply of the city, it was decided to transfer large urban boiler with coal fuel to black oil that to reduce air pollution. Reconstruction of the boiler house №1 made in 1971.

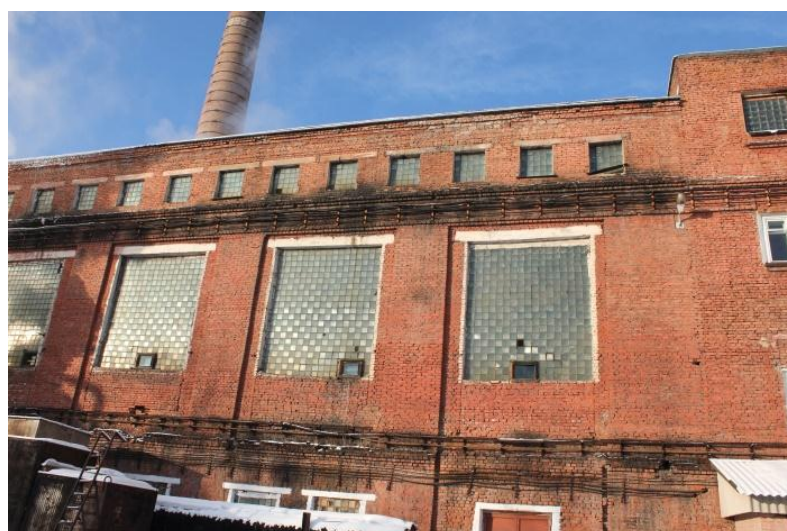
Due to the difficult situation in the construction industry boiler house №1 among other heat sources “Sibhimstroy” was transferred to the municipal enterprise “Gorteploenergo” in 1999.

Today №1 boiler house provides heat for neighborhood “Pervomayskiy” and the territory of the industrial zone, where there are several dozens of production facilities.

The boiler house №1 Zheleznogorsk consists of two buildings: the “old” part - built in 1956, the “new” part - was built in 1992. In the “old” part (Figure 13 a) has a roof lantern-superstructure, located along the entire perimeter premises. In the “new” part of the same (Figure 13 b), there are only windows consisting of glass blocks.



a



b

Figure 13 – The boiler house №1:
a) The “old” part; b) The “new” part

Irradiance measurements were submitted by a light meter in a room built in the 90s, the results are shown on the plan (Figure 14) and Table 5.

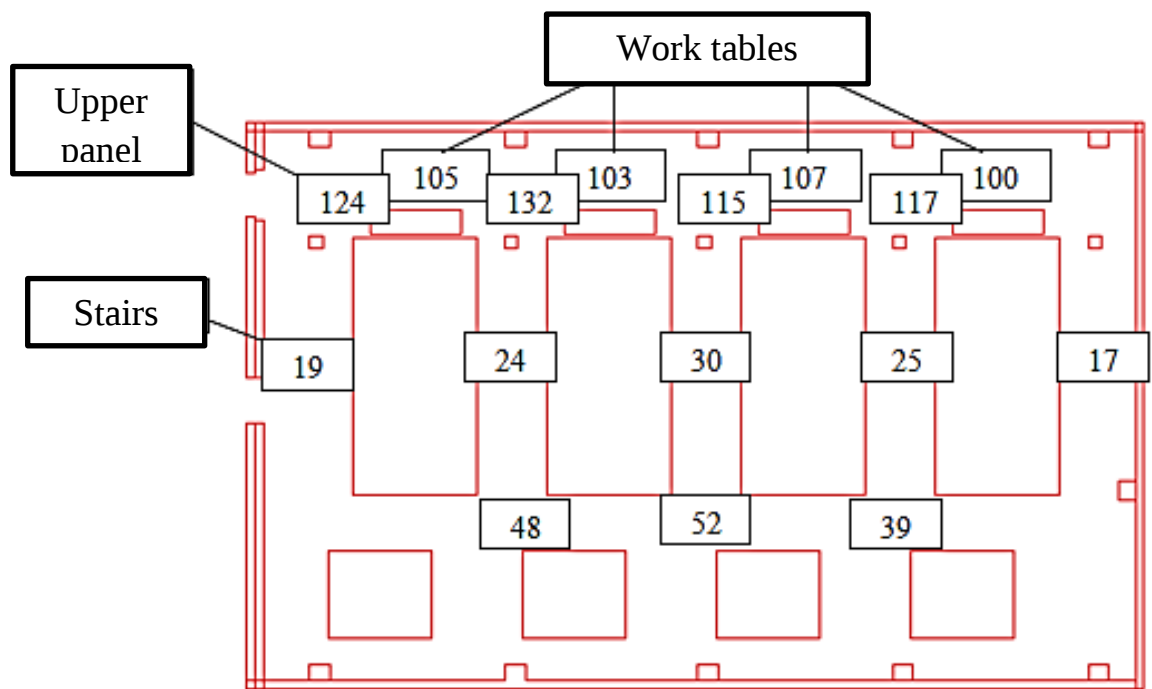


Figure 14 - Light measurement results

Table 5 – The illumination measurement comparison in accordance with the norms

Working plane (WP)	Height (WP), m	E_{med} , norm, lux	E_{med} , measured, lux
The table in the bunker of the boiler room compartment	0.8	300	100-105
Upper operator panel	On plane	200	115-132
Passages between the boilers	0.0	75	17-52
Stairs	0.0	50	19

At the time of light-measuring in the “old” part of the building used incandescent lamps of 95 W, as shown in Figures 15 a and b.



a



b

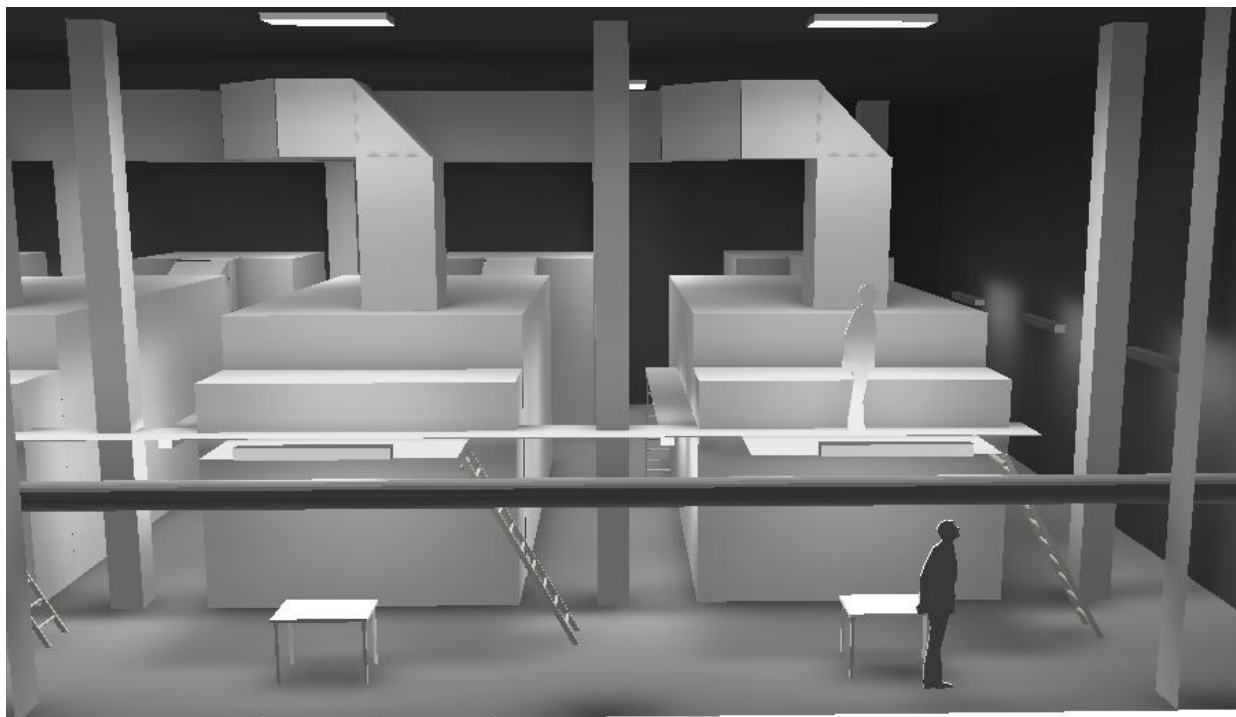
Figure 15 – The boiler house №1:

a) The passage between the boiler; b) Upper panel

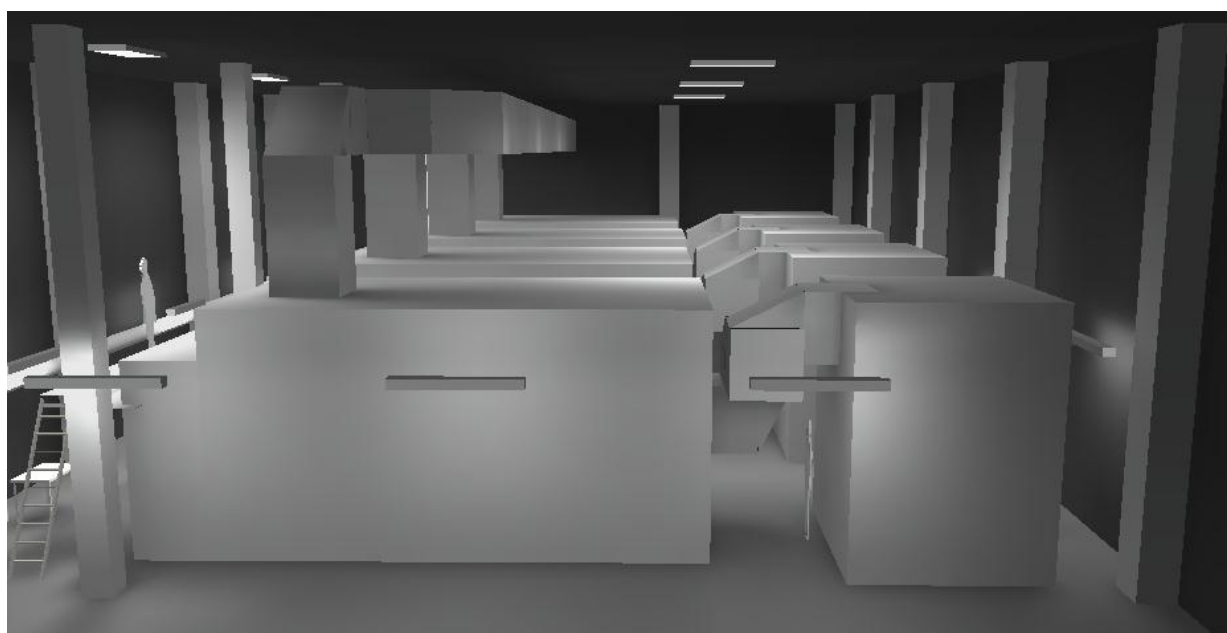
When communicating with workers of the Zheleznogorsk of Krasnoyarsk Krai boiler house №1 it was found out about constant headaches workers feel unwell, drowsiness, heaviness in the eyes. Many workers are middle-aged people who are more strongly affected by poor lighting.

3.1 The development of artificial lighting for the boiler house №1

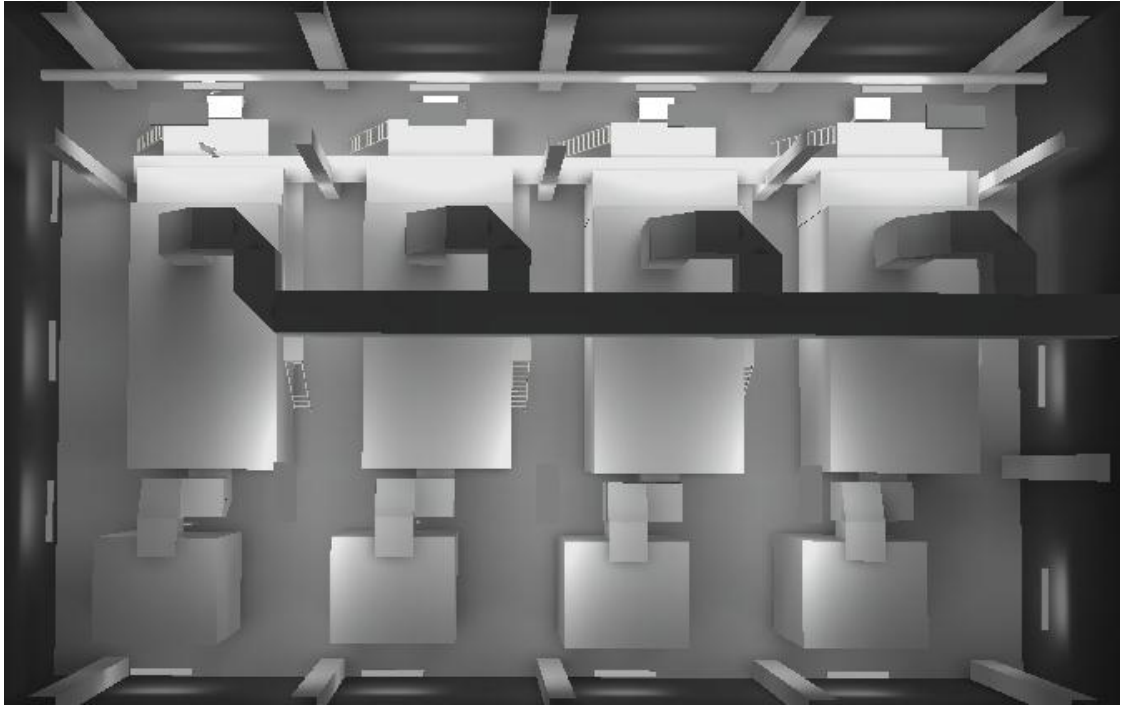
The specialized software DiaLux 4.12 was designed boiler room №1 city of Zheleznogorsk in 3D format (Figure 16 a, b, c). The room has a complex two-tier configuration, which creates difficulties in the parting of the lighting equipment. There have been shaded areas due to large size objects.



a



b



c

Figure 16 - General view of the boiler room in 3D DiaLux program:

a) Front view; b) Side view; c) Top view

Since the boiler is subject to excessive dust and moisture protection rating luminaires were chosen not less than IP 65. In addition, according to the [34] item: “For the power of the local stationary lighting fixtures should be applied voltage: in areas without high-risk - not more than 220 V” and this refers to the boiler B category (explosive), which implies the ability to use light fixtures with a standard voltage of 220 V.

Selected fixtures trademark “Lighting technology” STOCK ADVANTAGE for general lighting and additional lighting has been used to eliminate the shading areas, the general form of lamps shown in Figure 17 a, b.



a



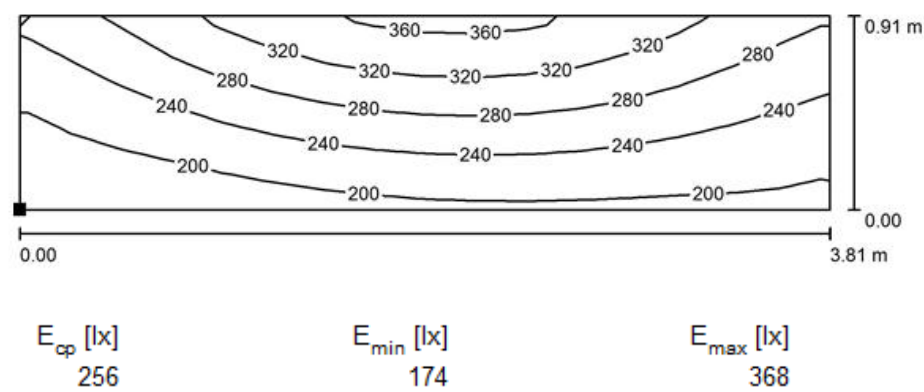
b

Figure 17 - General view of the lamps:

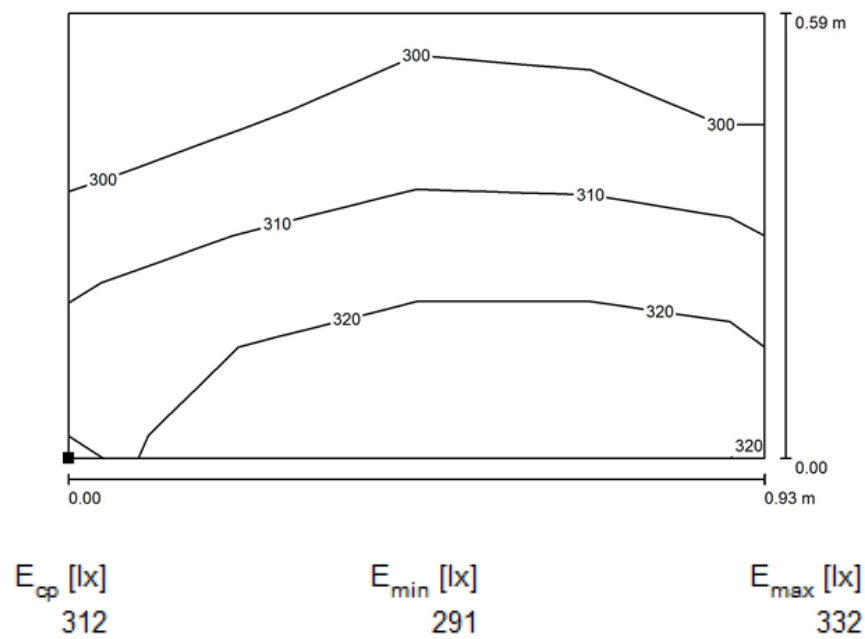
- a) STOCK ADVANTAGE 454 with tempered glass (fluorescent lamp); b)
HEATF2 1X58W T26 (fluorescent lamp)

3 surfaces were selected: surface on top of the operator panel; desktop operator and passages between passes. Average illumination, according to "Natural and artificial illumination" [22], should be equal to 200 lux to 300 lux and 75 lux, respectively.

According to the results of calculation of the average illuminance on current planes were obtained, which are shown in Figures 18 a, b, c.



a



b

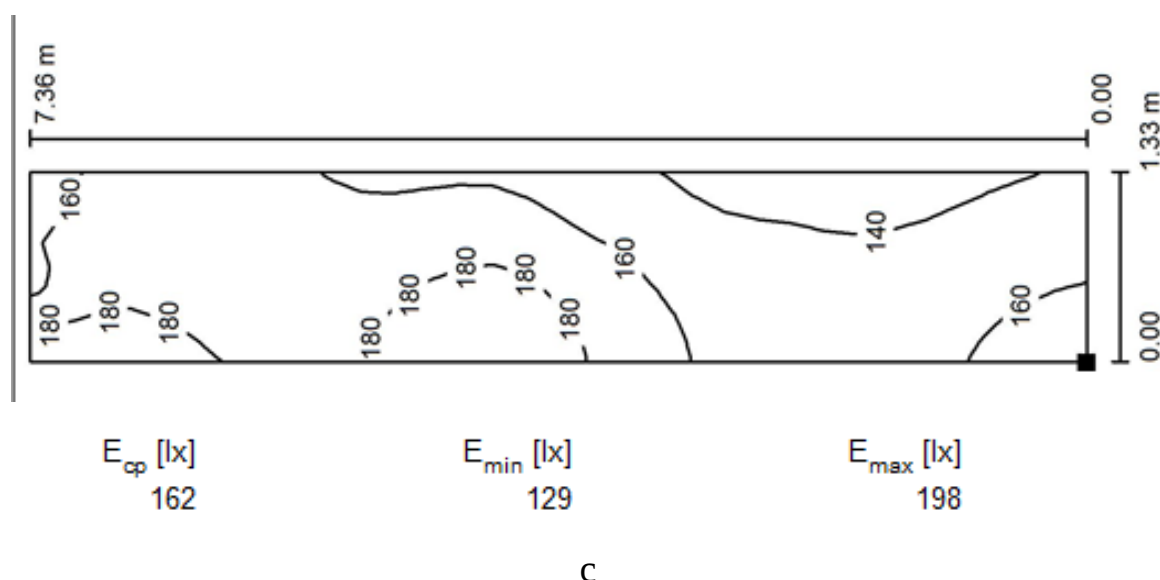


Figure 18 - The calculation results in the software package:

- a) The upper panel of the operator; b) The table operator; c) The passage between the boilers

The selected equipment maintains all the necessary criteria. Illumination maintains standards.

3.2 Development of natural lighting for the boiler house №1

For reduce consumption electricity we can use system ambient light to reduce energy consumption - the solar tubes, which due to its construction, is passed into the room more light than natural light with other systems.

In the application of this system on the territory of Russia in order to ensure the required level of ambient light on cloudy days, the winter months, in the early morning and late in the day when the Sun is low on the horizon, an integrated system of computer calculation. The software allows you to calculate HOLIGILM final performance of the system.

First we need to determine the size of the room, orientation; set position of the sun on the date, time and latitude.

The following parameters are the tube exit position in the room (x, y, z), transparency of the dome, tube length and its reflection, the outer diameter of the

diffuser selection / transparent glass. The program involves four types of optical glass: diffuse glass, clear glass, the inside of the outer part is scattered and transparent, and the inside of the transparent outer diffuse [35]. The program interface allows you to display results in the form of contours and colors (shades of gray). Results is at the diffuser / glass (Fig. 19 a), and at a predetermined working plane (Fig. 19b).

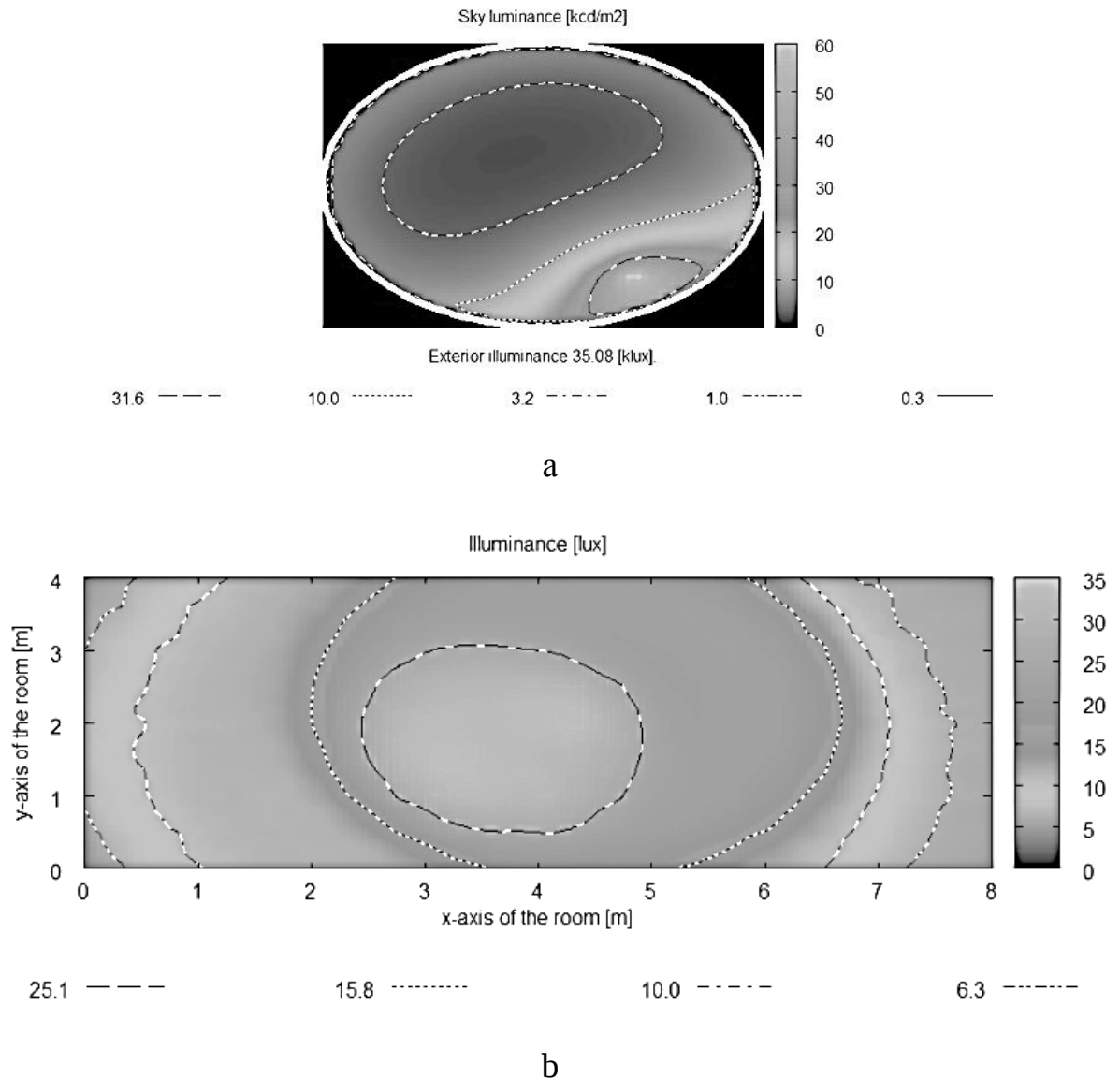


Figure 19 - Results of calculation:
a) On the diffuser; b) In the working plane

Thus at the initial stage of designing the lighting installation program allows for the illumination calculations on the working plane and the brightness/ luminance on the optical system (output or transparent glass diffuser).

The calculation in the working plane (0.8 m) for boiler №1 Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Krai, in which there are 8 fibers with a diameter of 0.6 m at a height of 7 meters above the ground. Location solar tubes are shown in figure 20.

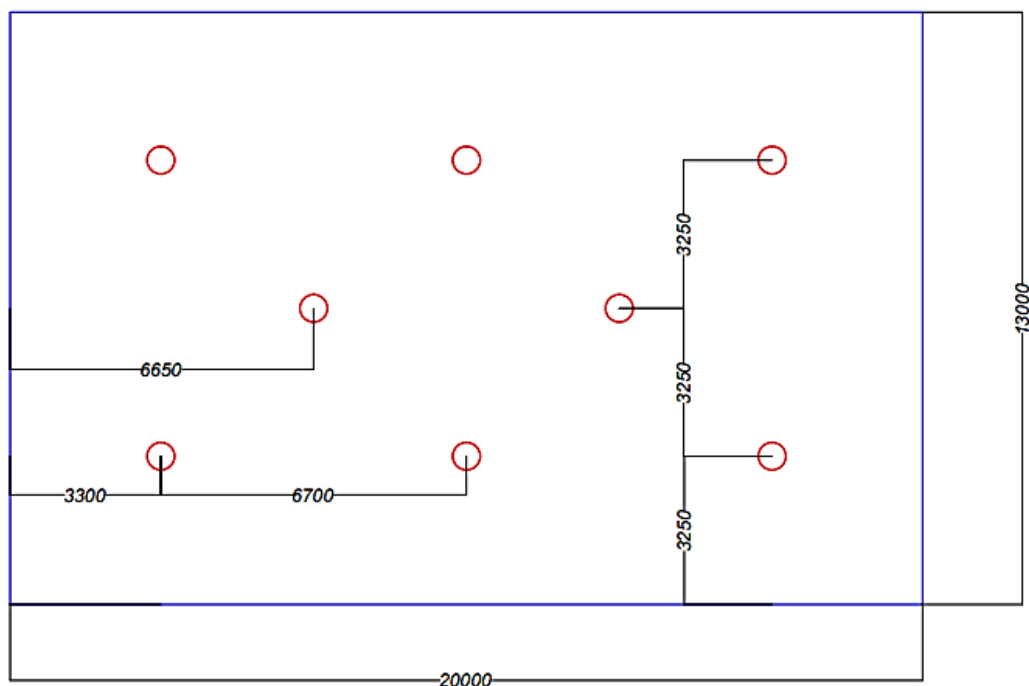


Figure 20 - Location of solar tubes in the boiler house №1

The calculation was carried out for one day of each month throughout the year; the results are presented in Table 6. The area marked in green reflects the illumination of 300 lux or more, which is required in the boiler room with the staff. Further dependence of the average illumination time for each month is shown in Figure 21. Therefore, at this time, artificial lighting can be omitted, and hence is saving electricity.

Table 6 - Average illuminance for one day each month in the boiler house №1

Date	Emed., lux																
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	3:00	18:00	19:00	20:00
01.01				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.02				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.03			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.04		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.05		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.06	1,4	5,7	27	112,3	201,7	305	315	340,3	359,5	340,3	315	305	201,7	112,3	27	5,7	1,4
01.07		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.08		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.09			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.10				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.11				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.12				1,4	9	27	36	87	112,3	87	36	27	9	1,4			

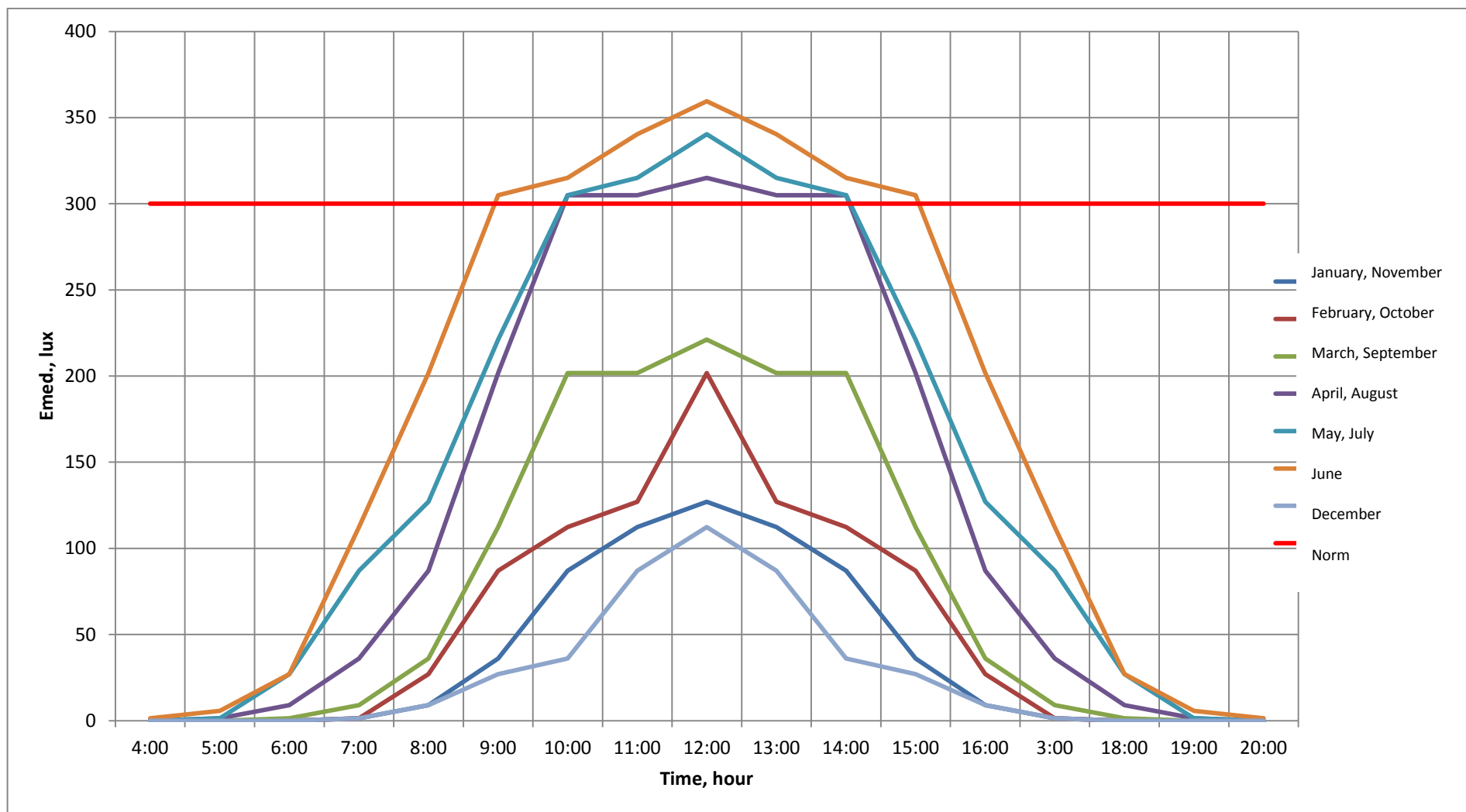


Figure 21 - The dependence of the average lighting on time for 12 months

To calculate the energy savings were taken months, where the light reaches 300 lux or higher, other months are not taken into account. So much for the months from April to August of electricity savings in hours amounted to 825. In view of the rate (4.1 rub. for kW · h) 9021127.5 rub. A detailed calculation is presented in Table 7.

Table 7 - Save energy in the boiler room №1

Month	Rate, rub.	kW	Hours per day	Days	Hours per month	kW · h	Save energy, rub.
April	4,1	2,667	5	30	150	400,05	1640,205
May			5	31	155	413,385	1694,8785
June			7	30	210	560,07	2296,287
July			5	31	155	413,385	1694,8785
August			5	31	155	413,385	1694,8785
Total:			27	153	825	2200,275	9021,1275

Thus the energy savings by not incorporating artificial lighting systems. At least 300 lux of illumination necessary to include lamps, but not all, when illuminated at 200 lux should be supplemental lighting of 100 lux of lighting equipment in places of high level of visual work (operator table). When illuminance of 100 lux - 200 lux of artificial light on the operator's desktop and 100 lux of artificial light on the top panel. Consequently, the reduced energy consumption during partial disabling of lamps and thus supported the normalized level of illumination. But such a system would work effectively with the use of automatic control systems with luminance sensors and a microcontroller, which will oversee the process on / off artificial lighting.

3.3 Development of automatic control system for boiler house №1

Lighting control systems provide additional opportunities for energy savings. Control of light make lighting systems more efficient and more economical lamps and fixtures are optimally serviced operate and achieved the highest light comfort. So, when you install the sensors and presence sensors luminance regulating lighting levels based on natural light intensity, energy total savings could reach up to 65% [17].

Instead of hard-mode "on / off" appears cost-effective and meets the needs of lighting control: by changing the illumination light by calling modes in accordance with the availability of natural light to the dynamic use of light. At the same time saving energy and comfort are not in contradiction: the light of day will be supplemented as required by artificial light - a modern, economical and close to nature. The obvious benefit: the consumer at any time he can set the desired light level. Example of installation in a boiler management system, which will be regulated by installing sensors and natural light level registration is shown in Figure 22.

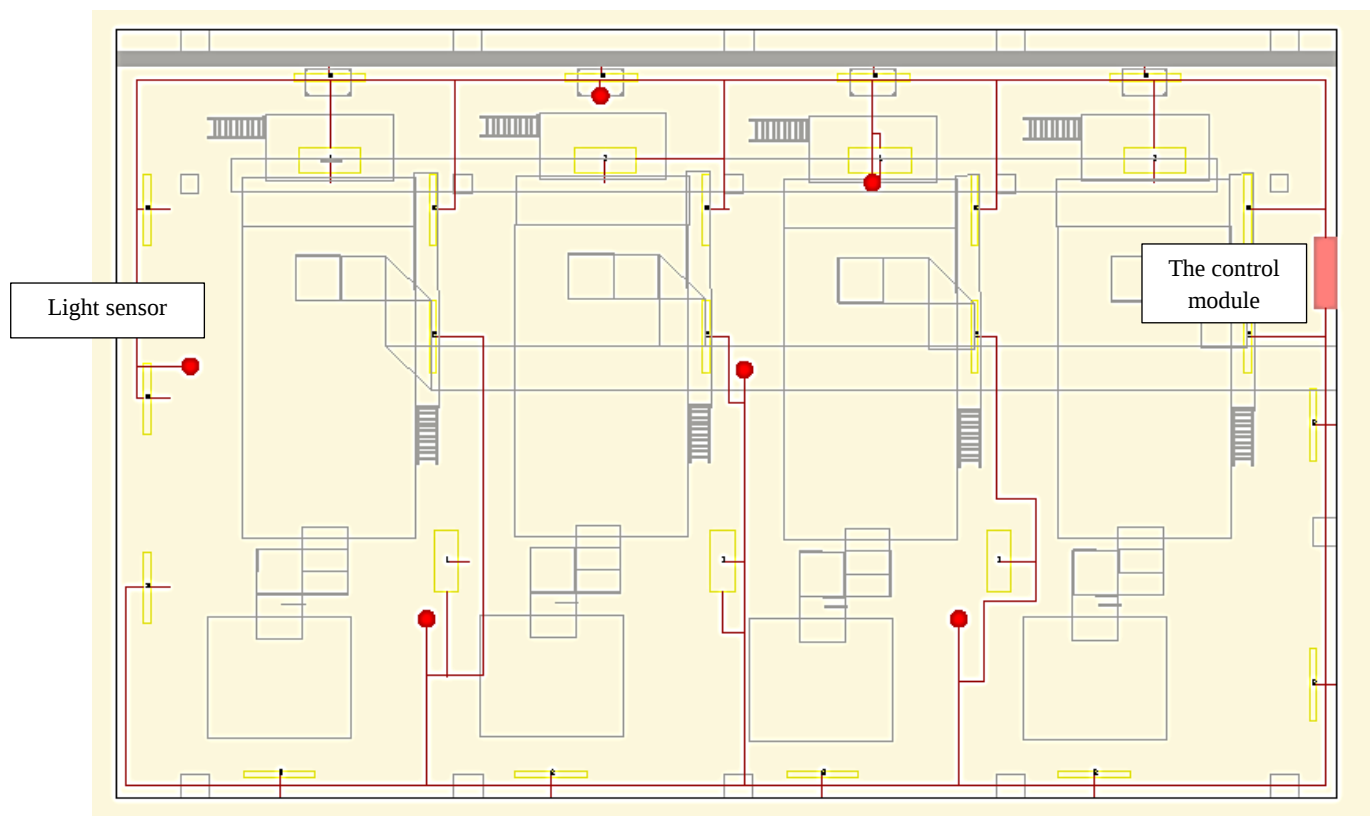


Figure 22 - Control system in the boiler house №1

The sensors record the light level of illumination produced by natural light and lamps. Depending on the height of ceilings and the level of natural light in a room group of luminaires are controlled in such a way as to maintain the desired light level. The user can at any time independently raise or lower the light level. In this system, artificial and natural light complement each other perfectly.

This boiler house lighting ballasts are regulated by DALI control wires. DALI is the basis for the construction of lighting control systems in accordance with the purpose, common throughout the world and adopted by manufacturers around the interface standard for electronic ballasts. Enabling and thus there is a regulation on the control line, that relay is not required. Lamp mode information stored in the electronic ballast is available to the control module. DALI is interface for all professional lighting equipment. Electronic ballasts are automatically controller - module. The function of ballast - is, above all, device addressing, light scenes, distribution groups, dimming speed.

During the design there is no need to divide into groups of fixtures. This can be done later by a simple addressing via control modules. Design of control and power wires can be performed separately. The control unit is programmed in accordance with the desired ratio of artificial and natural light. At different levels of light control or a combination of various means of lighting change with DALI lighting modes synchronously. At the same time all the means of illumination light at the same time reach new parameters. The module delivers the signals to ballasts and power supplies group fixtures and the natural ambient light sensors. The sensors, in turn, record data and transmitting them to the module for further processing. Light DALI groups are not attached to the wires. Grouped lamps made simple addressing via the control unit and may at any time be changed. Be sure to be there inpatient control, which includes the lighting system.

Приложение Б

(обязательное)

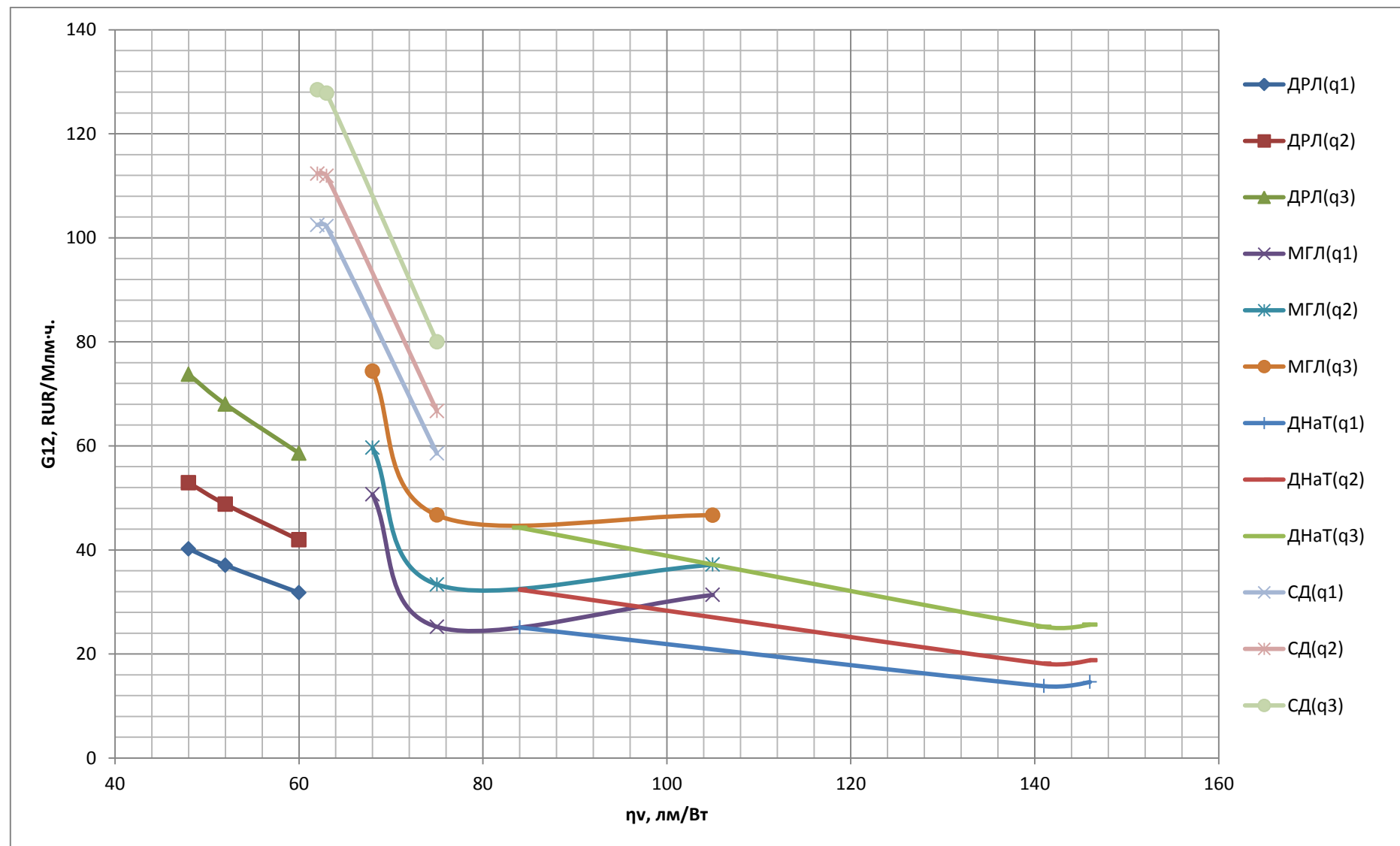
**Расчетная таблица G_{12} для ламп высокого давления и светодиодного ИС
для разных тарифов**

ИС	Изготовитель	η_v , лм/Вт	$C_{ис}$, RUR	Φ , клм	τ , тыс. ч.	G_{12} , RUR/Млм·ч.		
						при $q_1=1.89$ RUR /кВт·ч	при $q_2=2.5$ RUR /кВт·ч	при $q_3=3.5$ RUR /кВт·ч
ДРЛ	ЛИСМА	48	100	12	10	40,21	52,92	73,75
		52	110	13	12	37,05	48,78	68,01
		60	100	24	15	31,78	41,94	58,61
МГЛ	Osram	68	3500	17	9	50,67	59,64	74,35
		75	1090	5,3	9	25,22	33,36	46,69
		105	741	3,7	15	31,35	37,16	46,68
ДНаТ	Philips	84	1300	25	20	25,1	32,36	44,27
		141	650	56,5	28	13,82	18,14	25,23
		146	1550	58,5	16	14,6	18,78	25,63
СД	Philips	62	450	0,25	25	102,48	112,32	128,45
		63	650	0,6	15	102,22	111,9	127,78
		75	300	0,6	15	58,53	66,67	80

Приложение В

(обязательное)

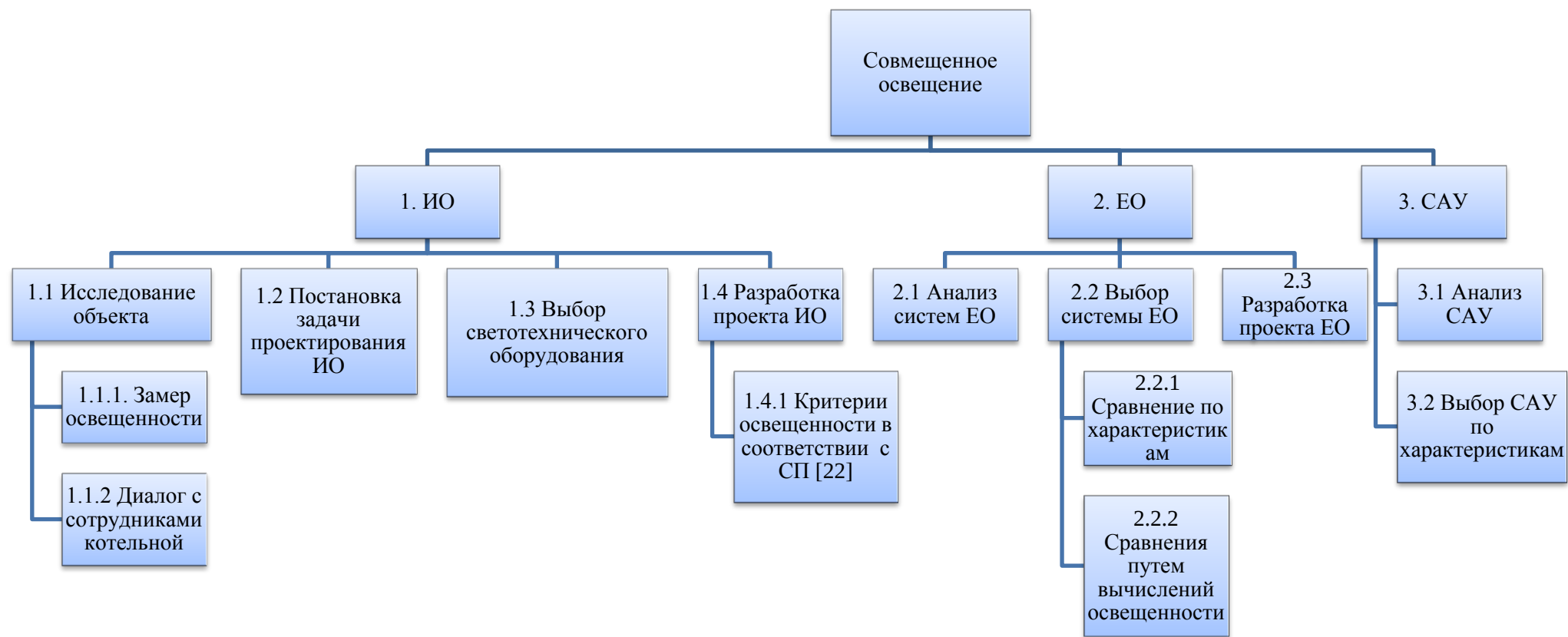
Диаграмма зависимости стоимости ЭЭ от световой отдачи.



Приложение Г

(обязательное)

Иерархия структуры работы по проекту



Приложение Д

(обязательное)

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , дни	Продолжительность выполнения работ							
				2014г.		2016г.					
				Сент.	Дек.	Янв.		Апр.		Май	
				29	31	8	9	1	20	1	15
1.1	Исследование объекта	Иванова С.С.	468								
1.1.1-1.1.2	Замер освещенности; диалог с сотрудниками котельной	Иванова С.С.	1								
1.2	Постановка задачи проектирования ИО	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	374								
1.3	Выбор светотехнического оборудования	Иванова С.С.	102								
1.4	Разработка проекта ИО	Иванова С.С.	30								
2.1	Анализ систем ЕО	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	468								
2.2.1	Сравнение по характеристикам	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	374								
2.2.2	Сравнения путем вычислений освещенности	Иванова С.С.	30								
2.2	Выбор системы ЕО	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	1								
2.3	Разработка проекта ЕО	Иванова С.С.	15								
3.1	Анализ САУ	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	81								
3.2	Выбор САУ по характеристикам	Иванова С.С., Коржнева Т.Г.	15								

Приложение Е

(обязательное)

Ключевые финансовые показатели

	Используемое оборудование с освещенностью соответствующее нормам	Рекомендуемое оборудование с освещенностью соответствующее нормам	Используемое оборудование с освещенностью ниже нормы	Рекомендуемое оборудование с освещенностью соответствующее нормам
Используемые светильники	Лента ЛН	STOCK ADVANTAGE 454	Лента ЛН (2)	STOCK ADVANTAGE 454
Количество светильников, Nс	23	7	11	7
Тип лампы	75 Вт	T4 58/840	75 Вт	T4 58/840
Количество ламп, шт.	6	4	6	4
Потребление электроэнергии, Р (Вт)	75	58	75	58
Часов работы в год, т	8760	8760	8760	8760
Стоимость электроэнергии за кВт/ч, Сэ	4,10р.	4,10р.	4,10р.	4,10р.
Средний срок службы лампы, Тср (ч)	1000	20000	1000	20000
Стоимость первичной установки Сс	200,00р.	7 456,00р.	200,00р.	7 456,00р.
Цена лампы, Сл	40,00р.	111,00р.	40,00р.	111,00р.
Стоимость замены лампы, Сз	200,00р.	200,00р.	200,00р.	200,00р.
Стоимость всех светильников в комплекте с лампой $\sum C_c$	4 840,00р.	52 636,00р.	2 440,00р.	52 636,00р.
В расчете на всю установку				
а. Стоимость электроэнергии в год, Сээ	16 162,20р.	8 332,51р.	16 162,20р.	8 332,51р.
б. Стоимость замены ламп в год, Сз/л	10 512,00р.	350,40р.	10 512,00р.	350,40р.
Полные годовые затраты, $\sum Z$	26 674,20р.	8 682,91р.	26 674,20р.	8 682,91р.
Экономия в год, Э		-17 991,29р.		-17 991,29р.
Ключевые финансовые показатели				
Дополнительные начальные инвестиции, И		47 796,00р.		50 196,00р.
Рентабельность инвестиций, R %		38%		36%
Период окупаемости Ток, (г)		2,66		2,79