

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

---

Школа: инженерная школа энергетики  
Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Отделение: электроэнергетики и электротехники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
Тема работы

**Исследование автоматизированного энергосберегающего режима системы  
освещения средней общеобразовательной школы**

УДК 621.31.031:727:373

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Юртаева Алина Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Шилин А. А.	д.т.н., профессор		

**КОНСУЛЬТАТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т. Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Черемискина М. С.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сайгаш А. С.	к.т.н., доцент		

Томск – 2022 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности, с использованием средств автоматизации
<b>ПК(У)-2</b>	Способен применять методы создания и анализа математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-3</b>	Способен разрабатывать, реализовывать и осуществлять контроль выполнения технических и организационных мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен формулировать технические задания, анализировать различные варианты и искать компромиссные решения
<b>ПК(У)-5</b>	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

---

Школа: инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность): 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Отделение школы (НОЦ): электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)                      \_\_\_\_\_ (Дата)                      Сайгаш А. С.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Юртаевой Алине Евгеньевне

Тема работы:

<b>Исследование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения средней общеобразовательной школы</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является автоматизированный энергосберегающий режим системы освещения школы на 1100 мест в микрорайоне «Северный парк» Томского района Томской области.  В качестве исходных данных представлены: <ul style="list-style-type: none"><li>– планы этажей здания;</li><li>– количество точек рабочего и аварийного освещения;</li><li>– типаж точек освещения (аудитория, коридор, рекреация, лестничная клетка и т.п.);</li><li>– расписание режимов работы точек освещения в зависимости от рабочего графика учреждения;</li><li>– информация об источниках света в учебных аудиториях.</li></ul>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– актуальность проблемы;</li><li>– постановка задачи исследования;</li><li>– обзор известных методов решения;</li></ul>

<i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выбор системы освещения и метода расчета;</li> <li>– расчет искусственного освещения в необходимых точках освещения;</li> <li>– определение электрической нагрузки, выбор проводников и аппаратов защиты;</li> <li>– разработка алгоритма работы системы освещения;</li> <li>– обсуждение результатов проделанной работы;</li> <li>– разработка раздела «Финансовый менеджмент»;</li> <li>– разработка раздела «Социальная ответственность»;</li> <li>– заключение.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– внешний вид газоразрядных и светодиодных источников;</li> <li>– основные расчетные параметры размещения светильников;</li> <li>– схема размещения светильников в помещении №1041;</li> <li>– цветовая палитра внутренних поверхностей общеобразовательной школы в мкр. «Северный»;</li> <li>– светодиодные светильники Diora Office, Diora NPO SE, Diora Луна, Diora Piton, Diora LPO/LSP SE;</li> <li>– схема включения аварийного освещения;</li> <li>– внешний вид коммутационных аппаратов;</li> <li>– структура схем связей комплекса технических средств;</li> <li>– схемы расположения клеммных соединителей ВЭСТ-02 и ВЭСТ-03;</li> <li>– структура блока данных протокола Modbus;</li> <li>– схема дискретного выхода и входа контроллеров;</li> <li>– конфигурация программируемой логики для контроллеров на языке FBD.</li> </ul>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Раздел на английском языке	Демидова Ольга Михайловна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение; Проблемы энергосбережения; Освещение в общеобразовательных учреждениях; Оптимальные источники света; Заключение	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.12.2020
---	------------

### **Задание выдал руководитель ВКР:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Шилин А. А.	Д.Т.Н., профессор		01.12.2020

### **Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Юртаева А. Е.		10.12.2020

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

Школа: инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность): 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Уровень образования: магистратура

Отделение школы (НОЦ): электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
18.10.2021	Литературный обзор источников света и апробированных систем энергосбережения	5
15.11.2021	Выбор системы освещения и метода расчета искусственного освещения	10
13.12.2021	Выбор источников света, электрических проводников и аппаратов защиты	10
17.01.2022	Технико-экономические расчеты	15
21.02.2022	Разработка архитектуры автоматизированной системы	15
28.03.2022	Описание принципа работы автоматизированной системы освещения с диспетчеризацией	15
14.03.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
11.04.2022	Социальная ответственность	10
19.05.2022	Раздел, выполняемый на иностранном языке	10
	Итого	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Шилин А. А.	д.т.н., профессор		28.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сайгаш А. С.	д.т.н., доцент		28.02.2022

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 194 страницы, 33 рисунка, 55 таблиц, 70 источников и 7 приложений.

Ключевые слова: система освещения, освещение образовательных учреждений, дистанционное управление, светодиодные источники света, диспетчеризация, управление освещением по расписанию.

Объект исследования – энергосберегающий режим системы освещения.

Цель работы – исследование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения средней общеобразовательной школы в мкр. «Северный». Экономическое обоснование принятых решений.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы проводился выбор системы искусственного освещения, подходящий для обеспечения необходимого светового потока в коммуникационных и подсобных помещениях, выполнены расчеты осветительного и силового оборудования системы, разработана структурная схема комплекса технических средств диспетчеризации системы освещения общеобразовательной школы, представлен пример структуры пакета запроса/ответа протокола Modbus RTU о состоянии групповой осветительной сети и конфигурация программируемой логики для контроллеров, а также рассмотрена экономическая целесообразность проекта и безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико–эксплуатационные характеристики: управлять состоянием групп освещения предоставляется возможным как дистанционно через сеть с web-браузера АРМ диспетчера, так и с кнопок по месту, так и с осветительных щитов. Кроме того, организован визуальный метод контроля групп освещения посредством мнемосхемы в web-браузере.

Область применения: общеобразовательные учреждения, в том числе школа на 1100 мест в д. Кисловка мкр. «Северный» Томского района, Томской области.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Планы этажей общеобразовательной школы представлены в П.Б.

Высота помещений коридорного типа составляет  $H = 2,98$  м, для лестничных клеток –  $H = 3,90$  м.

Номера помещений, согласно П.Б, в которых необходимо обеспечить автоматизированную энергосберегающую систему освещения:

- блок А: 1078\*, 1081\*, 1084, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1100, 1092, 1101\*, 1099\*, 2047\*, 2052\*, 2061, 2062\*, 2063\*, 2064, 2065\*, 2066, 2067\*, 3051\*, 3056\*, 3065, 3067, 3068\*, 3069\*, 3070, 3071\*, 3072, 3073\*, 4002\*, 4007\*, 4024\*, 4016, 2020, 4022, 4018, 4019\*, 4020\*, 4021, 4022\*, 4023;

- блок Б: 0003\*, 003\*1, 0028\*, 1041\*, 1005\*, 1034, 1002\*, 1009, 1006\*, 1018, 1026, 1025, 2028, 2001\*, 2021\*, 2023\*, 2024\*, 2028\*, 2019\*, 2002\*, 2003\*, 2011\*, 2012\*, 3015 3025, 3026 3002, 3012, 3013\*;

- блок В: 1046\*, 1047\*, 1048\*, 1049, 1068, 1069\*, 1070\*, 1071\*, 1072\*, 1073, 1076, 1074, 1077\*, 1054\*, 1055\*, 1060\*, 1062\*, 1063\*, 1065\*, 2029\*, 2038, 2039\*, 2040\*, 2041\*, 2042\*, 2043, 2045\*, 3029\*, 3042, 3044\*, 3046\*, 3047, 3049\*, 3043\*, 3045\*.

Примечание: \* аварийное освещение обязательно.

Расписание и продолжительность учебных занятий Губернаторского Светленского лицея в мкр. «Северный парк» Томской области представлены в таблице 22 данной работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ</b> .....	7
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	11
<b>1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР</b> .....	13
1.1 Проблемы энергосбережения .....	13
1.2 Освещение в общеобразовательных учреждениях .....	14
1.3 Оптимальные источники света (ИС) .....	16
1.4 Обзор апробированных энергосберегающих систем освещения общеобразовательных учреждений .....	24
<b>2. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> .....	27
2.1 Выбор системы освещения .....	27
2.2 Нормируемые показатели рабочего освещения .....	27
2.3 Нормируемые показатели аварийного освещения .....	30
2.4 Количественные регламентируемые показатели .....	31
2.5 Расчёт общего искусственного освещения .....	35
2.5.1 Точный метод расчета .....	35
2.5.2 Метод удельной мощности .....	36
2.5.3 Метод светового потока .....	37
2.5.4 Расчет искусственного освещения методом светового потока .....	40
2.5.5 Проверка на соответствие нормируемым показателям .....	48
<b>3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ</b> .....	55
3.1 Расчет электрических нагрузок осветительной сети .....	55
3.2 Выбор электрических проводников .....	56
3.2.1 Выбор способа прокладки и материала проводника .....	56
3.2.2 Выбор сечений проводников и защитных аппаратов .....	58
3.3 Выбор коммутирующей аппаратуры .....	63
<b>4. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ С ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ</b> .....	67
4.1 Архитектура автоматизированной системы .....	68
4.2 Коммуникационный протокол Modbus .....	73
4.2.1 Структура пакета протокола Modbus RTU .....	74
4.2.2 Пример запроса Modbus RTU .....	79

4.3	Интерфейс связи RS-485 и RS-232.....	80
4.4	Принцип работы автоматизированной системы освещения с диспетчеризацией.....	81
4.4.1	Soft logic.....	84
5.	ЭКОНОМИЯ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ.....	87
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
6.	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	93
	ВВЕДЕНИЕ.....	93
6.1	Предпроектный анализ.....	94
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	94
6.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	94
6.1.3	SWOT-анализ.....	96
6.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	98
6.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	100
6.2	Инициация проекта.....	101
6.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	102
6.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	103
6.3.2	План проект.....	103
6.4	Бюджет научного исследования.....	105
6.4.1	Организационная структура проекта.....	112
6.4.2	План управления коммуникациями проекта.....	112
6.4.3	Реестр рисков проекта.....	112
6.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	113
6.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	113
6.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	118
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	121
7.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	124
	ВВЕДЕНИЕ.....	124
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	125
7.2	Производственная безопасность.....	126

7.2.1 Расчет уровня производственного фактора. Расчет системы общего равномерного искусственного освещения .....	131
7.3 Экологическая безопасность .....	135
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	137
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	140
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	142
Приложение А .....	151
Приложение Б .....	163
Приложение В .....	170
Приложение Г .....	172
Приложение Д .....	176
Приложение Е .....	178
Приложение Ж .....	179

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью магистерской диссертации выступает исследование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения средней общеобразовательной школы в мкр. «Северный» Томского района. В свою очередь задачей исследовательской работы является разработка автоматизированной системы с диспетчеризацией для управления освещением школы по расписанию, с последующим определением величины электроэнергии, которую представляется возможным сэкономить за счет перехода от обычного режима работы освещения на энергосберегающий.

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью рационального использования энергии, занимающего ключевую роль как при проектировании новых объектов, так и при реализации энергосберегающих мероприятий для уже сданных в эксплуатацию комплексов. Очевидно, все организации и предприятия, в том числе и бюджетные, принимают меры по сокращению энергоресурсов с целью минимизации затрат. Немалую роль играет государство, преследующее цели экономии и эффективного расходования энергии, путем издания законов и введения поправок в действующие нормативно-правовые акты в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Анализируя актуальность систем энергосбережения, можно сделать вывод о том, что тема энергоэффективности стала тенденцией, неким течением в архитектуре. Поскольку в связи с комфортным, здоровым микроклиматом повышается обучаемость и работоспособность, что является большим преимуществом для образования. Энергоэффективность заключается не только в технологиях, но и в объемно-планировочном решении здания, в связи с этим идет не только внедрение технологий в функционирующие школы, но и проектирование образовательных заведений с учетом климатических особенностей. Все это приемлемо не только для объектов учебных заведений и имеет большое развитие в будущем.

Гипотезой исследования выступает экономия электроэнергии за счет реализации автоматического отключения рабочего освещения коридоров при звонке на занятие и включения при звонке на перерыв, а также автоматического управления аварийным освещением в зависимости от рабочего графика учреждения.

В работе предполагается использовать такие методы исследования, как метод анализа и синтеза, включающие исходные данные общеобразовательного учреждения; теоретический метод - обзор литературы по проблеме исследования; экономико-математический метод, заключающийся в множестве расчетов посредством эмпирических формул; метод сравнений, содержащий анализ полученных данных о энергопотреблении при обычном и энергосберегающем режимах; и аналитический метод, включающий подведение результатов исследования и формирование выводов о проделанной работе.

Практическая значимость работы заключается в раскрытии особенностей применения энергосберегающего режима освещения и оценке соответствующей экономии энергоресурсов, что, свою очередь позволяет объективно оценить значимость использования данного режима работы для рабочего и аварийного освещения.

# 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Проблемы энергосбережения

Любая деятельность, независимо от ее природы, предполагает использование энергии. Обратим свое внимание на одну из самых актуальных на сегодняшний день мировых проблем - проблему энергосбережения. Постепенно экономное и рациональное использование энергоресурсов становится неотъемлемой частью жизни человека, поскольку невозобновляемые источники энергии иссякают, в то время как «зеленые» источники энергии еще не используются в полную меру.

Проблема энергосбережения начала развиваться с 1970-х г., особенно после мирового энергетического кризиса 1974 г., в рамках общей линии на экономию энергоресурсов. Тогда в большинстве развитых стран были разработаны соответствующие законодательные акты, начали внедряться меры нормативного, тарифного и технологического характера, направленные на энергосбережение. Основными законодательными обеспечениями России являются закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», прозванный уже «законом о лампочках», указ Президента №889 от 04.06.2008 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», а также распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Об утверждении стратегии ФР на период до 2035». [1, 2, 3].

Несомненно, на освещение расходуется изрядное количество электроэнергии, поступающее, упрощенно говоря, с электростанций различного типа, где в большинстве своем в качестве топлива используются уголь, нефть и газ. Безусловно, экономное использование электроэнергии позволит сократить объемы использования данных энергетических ресурсов, а следовательно, и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, сохранить чистоту водоемов. Вместе с тем, увеличение эффективности использования электроэнергии – это и реальный способ снизить затраты на ее оплату,

поскольку стоимость электроэнергии напрямую связана со стоимостью топлива, запасы которого ограничены и цены на которое постоянно растут.

В свете реалий сегодняшних дней, не удивительно, что важной проблемой для большинства образовательных учреждений являются огромные платежи за электроэнергию. К примеру, по данным ООН (Организация Объединенных Наций), запрещенные к использованию лампы накаливания до сих пор остались во многих школах, из-за чего перерасход электроэнергии там достигает 60% [4]. Использование люминесцентных светильников так же не гарантирует должного уровня энергосбережения. Помимо завышенных показателей потребления таких источников света, экспертами был отмечен ряд других проблем, повсеместно встречающихся в образовательных учреждениях:

1. часть светильников используется более 20 лет, при этом 30% светильников в классах находятся в нерабочем состоянии;
2. использование устаревших пускорегулирующих аппаратов (ПРА), увеличивающих коэффициент пульсации более чем на 15%;
3. шум, создаваемый изношенным оборудованием, превышает допустимый и мешает занятиям;
4. наблюдается помутнение, растрескивание и осыпание рассеивателей светильников.

Наряду со своевременной заменой вышедших из строя светильников и отказом от ламп накаливания не только в бумажной форме, но и в действительности, раскрытие больших потенциалов сбережения энергии возможно путем применения инновационных концепций освещения и использования современных энергоэффективных светильников.

## **1.2 Освещение в общеобразовательных учреждениях**

Школа – самое счастливое время в жизни каждого. Время, когда создается личность, складывается характер, и формируются основные ценности человека. Учреждения образования являются одним из ключевых

инструментов воспитания экономного отношения к запасам у молодого поколения, а решение вопроса энергоэффективности в них имеет большое значение.

В тот же период организм ученика наиболее подвержен влиянию различных положительных и отрицательных факторов, главный из которых – освещение [4]. Следует осознавать важность света для человеческого зрительного анализатора, поскольку через зрение мы получаем до 90% информации об окружающем мире.

Как показали результаты исследования, проведенного в рамках проекта программы развития ООН и Глобального экологического фонда, 22-25% молодых людей оканчивают школу с дефектами зрения. Одной из основных причин этого процесса является неудовлетворительное состояние освещения школ из-за [4]:

1. высокой неравномерности горизонтальной освещенности;
2. низкого коэффициента цветопередачи;
3. нарушения требований действующих норм по освещенности на рабочих местах и на классных досках;
4. превышения максимально допустимого уровня пульсации светового потока в 2,5 -3 раза;
5. использования ламп с разной цветовой температурой в одном помещении.

По действующим санитарным нормам, подобные условия освещения квалифицируются как вредные и опасные для здоровья, способствующие снижению остроты зрения, утомляемости, развитию заболеваний, нервному возбуждению школьников и ухудшению восприятия материала.

Необходимо обратить внимание на то, что в работе исследуется энергосберегающий режим рабочего освещения для коммуникационных помещений, предназначенных для передвижения людей, таких как коридоры, лестничные пролеты, а также для узлов коммуникаций, включающих в себя рекреации, холлы и тамбуры. Очевидно, в основном по школьным коридорам

и лестничным пролетам ученики и преподаватели перемещаются в перерывах между занятиями, а в холлах проводят свободное от уроков время и отдыхают. Необходимость обеспечения максимальной безопасности передвижения по данным помещениям и комфортного времяпрепровождения учащихся позиционирует освещение коммуникационных помещений не менее важным, чем в классных комнатах.

Кроме того, освещение коридоров, лестничных площадок и маршей в учебных заведениях продолжает работать в течение долгих часов из-за их высокой заполняемости посредством занятий в течении рабочего дня, работ по техническому обслуживанию и т. п. Во всех этих случаях коммуникационные помещения должны быть хорошо освещены для обеспечения общественной безопасности. В связи с этим, в рамках эффективной и энергосберегающей системы освещением, настоятельно рекомендуется использовать различного рода датчики и/или интеллектуальные решения на основе энергоэффективных источников света, освещающие только занятые пространства, что отражено в п. 8.4.3 СП-251.1325800.2016 «Здания Общеобразовательных организаций. Правила проектирования» и п. 153 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [5, 6].

Всё это диктует основополагающие правила освещения, вне зависимости от типа заведения:

- обеспечение максимально комфортной световой среды;
- соответствие световой среды актуальным нормам и правилам;
- обеспечение эффективности и экономичности систем освещения.

### **1.3 Оптимальные источники света (ИС)**

На протяжении десятилетий основным продуктом в данном сегменте были традиционные лампы накаливания, затем последовал переход на

энергосберегающие компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Следующим шагом стало появление светодиодных источников света [7].

В соответствии с п. 154 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничено – не допускается применение мощностью 100 Вт и более [6]. В связи с этим данный тип источника света не обзревается.

К наиболее распространенным газоразрядным лампам относят:

- люминесцентные ртутные низкого давления (ЛЛ),
- ртутные лампы высокого давления (ДРЛ, ДРИ),
- натриевые лампы высокого давления (ДНаТ, дуговые ксеноновые трубчатые лампы (ДКсТ),
- комплексные люминесцентные лампы (КЛЛ).

Рассмотрим каждый тип газоразрядных ламп немного подробнее.

### **Люминесцентные лампы (ЛЛ)**

Люминесцентные лампы представляют собой цилиндрическую трубку с электродами и покрытую люминофором, в которую закачаны пары ртути под низким давлением – рисунок 1. Принцип работы заключается в том, что пускорегулирующее устройство подает импульс для зажигания лампы (в зависимости от мощности – от 1кВ), между электродами образуется электрический пробой, по мере испарения ртути разряд усиливается и пары ртути излучают ультрафиолетовые лучи, из-за которых люминофор излучает видимый свет. При испарении ртути разряд увеличивается, сопротивление между электродами падает, а сила тока растет это обуславливает необходимость ограничения и поддержания на определенном уровне тока и напряжения, для чего и используется пускорегулирующая аппаратура [8, 9].



Рисунок 1 – Люминесцентные линейная и кольцевая лампы

## **Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)**

Люминесцентные ртутно-кварцевые лампы состоят из стеклянной колбы с кварцевой трубкой и покрытой люминофором, в которую закачаны пары ртути под высоким давлением – рисунок 2. Для поддержания стабильности свойств люминофора колба заполнена углекислым газом [8].



Рисунок 2 – Дуговая ртутная люминесцентная лампа

Отдельное внимание стоит обратить на то, что частое кратковременное включение ламп высокого давления сокращает срок их службы, длительность разгорания ДРЛ при включении составляет порядка 7 минут, а повторное включение возможно только после остывания лампы – ориентировочно 10 минут. Всё это препятствует применению ДРЛ в качестве источников света в автоматических схемах освещения общеобразовательных учреждений.

## **Дуговые металлогалогенные лампы (ДРИ)**

Металлогалогенными лампами называются ртутные лампы высокого давления с добавками йодидов металлов или йодидов редкоземельных элементов. Внешне металогенные лампы отличаются от ламп ДРЛ отсутствием люминофора на колбе – рисунок 3.

ДРИ также как и ЛЛ характеризуются высокой световой отдачей (до 100 лм/Вт) и значительно лучшим спектральным составом света, однако срок их службы существенно меньше, чем у ламп ДРЛ, а схема включения сложнее, так как помимо балластного дросселя содержит поджигающее устройство [8].



Рисунок 3 – Дуговая металлогалогенная лампа

### **Натриевые лампы высокого давления (ДНаТ)**

Натриевые лампы представлены стеклянной цилиндрической колбой с разрядной трубкой из поликристаллического алюминия, которая инертна к парам натрия и хорошо пропускает его излучение – рисунок 4.

Необходимо отметить, что чрезвычайно желтый свет и соответственно низкий индекс цветопередачи ( $R_a = 25$  о.е.) позволяют использовать их в помещениях, где находятся люди, лишь в комбинации с лампами других типов.



Рисунок 4 – Натриевая лампа высокого давления

### **Ксеноновые лампы (ДКсТ)**

Дуговые ксеноновые трубчатые лампы (рисунок 5) представляют собой колбу, заполненную инертным ксеноном под сверхвысоким давлением. Лампы ДКсТ отличаются наиболее близким к естественному дневному спектральным составом света и наибольшей из всех источников света единичной мощностью.



Рисунок 5 – Дуговые ксеноновые трубчатые лампы

Несмотря на это, первое достоинство практически не используется, поскольку лампы внутри зданий не применяются, в то время как второе преимущество обуславливает их широкое применение для освещения больших открытых пространств при установке на высоких мачтах.

### **Комплексные люминесцентные лампы (КЛЛ)**

Упрощенно, если «закрутить» трубку люминесцентной лампы в спираль, то получим компактную люминесцентную лампу, представленную на

рисунке 6. Особенностью данной разновидности ламп является форма колбы, в связи с тем, что теоретически ей можно придать любую геометрию.



Рисунок 6 – Комплексные люминесцентные лампы

Отразим основные достоинства и недостатки газоразрядных ламп в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки газоразрядных ламп

Параметр	Тип ламп					
						
	ЛЛ	ДРЛ	ДРИ	ДНаТ	ДКсТ	КЛЛ
Высокая светоотдача	+	+	+	+	-	+
Большой срок службы	+	+	-	+	-	+
Компактность	-	+	-	-	-	+
Влияние температуры окр. среды	+	-	-	+	-	+
Работа на постоянном токе	-	-	-	-	-	-
Пульсации светового потока	+	+	+	++	+	+
Наличие пускорегулирующей аппаратуры	+	+	+	+	+	+
Длительное время загорания лампы/ожидания повторного включения	+	+	+	+	+	+
Экологически небезопасны	+	+	+	+	+	+

### LED светильники

Длительное время требования нормативных документов характеризовали лишь «традиционные» источники света, оставляя вне правового поля светодиодные технологии. На данный момент эти пробелы ликвидированы. 17 мая 2017 года Роспотребнадзор дал разъяснения по вопросам использования светодиодного освещения в образовательных

учреждениях письмом №01/6110-1732 «О возможности использования светодиодного освещения» [10]. Вместе с тем Минстрой внес изменения в СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования» и в СП 256.1325800.2016 «Электроустановка жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» от 25 и 26 декабря 2017 года, которые вступили в силу с 25 и 26 июня 2018 года, соответственно [5, 11, 12]. Таким образом, новые требования снимают формальные барьеры для применения осветительных светодиодных установок в общеобразовательных организациях при проектных и строительных работах. В связи с этим, рассмотрим подробнее светодиодные источники света.

Применение светодиодов в качестве источников света стало возможным после получения диодов, которые испускают белый спектр. Принцип действия LED (Light-Emitting Diode) основывается на физике полупроводников – рисунок 7 [13]. Диод представляет собой два соприкасающихся друг с другом полупроводниковых материалов, в одном из которых преобладают электроны, а в другом – положительные ионы. При прохождении через границу соприкосновения электрического тока происходит рекомбинация электронов и ионов. В результате электроны переходят на другой энергетический уровень, появляется избыток энергии. У светодиодов этот излишек выходит в виде светового излучения (в малой степени в виде тепла).

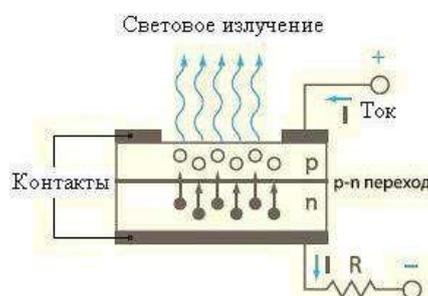


Рисунок 7 – Схема появления излучения

Светодиодная лампа состоит из нескольких элементов: цоколь, драйвер, радиатор, светодиод, рассеиватель (колба) – рисунок 8.



Рисунок 8 – Конструкция LED лампы

Драйвер – самый важный элемент, конструктивно находящийся в цоколе. Он стабилизирует поступающее напряжение, за счет чего достигается долгий срок службы ламп, преобразует переменный ток в постоянный и питает светодиоды. Очевидно, во многом высокая цена на светодиодные лампы объясняется ценой драйвера. Для снижения стоимости готовой лампочки производители заменяют данный элемент на простой блок питания. Однако блок питания не обеспечивает стабилизации тока и напряжения, что негативно сказывается на качестве источника света. Кроме того, драйвер невозможно установить в миниатюрные лампочки поскольку не хватает места.

Радиатор, в свою очередь, отводит от светодиода возникающее тепло. Следовательно, чем он больше, тем лучше охлаждается источник света, что важно для мощных и больших ламп. Завершающим элементом светодиодной лампы является рассеиватель, помогающий распределить световой поток в пространстве, а также защищающий корпус от пыли и влаги.

Очевидным является факт, что светодиодные лампы во многом выигрывают у галогенных и люминесцентных ламп. Для удобства сравнительные параметры ламп приведены в сводной таблице 2.

Таблица 2 – Сводная таблица сравнительных характеристик различных источников искусственного освещения

Параметр	Тип лампы			
	Накаливания	Галогенная	Люминесцентная	Светодиодная
Срок службы, ч	1 000	2 000 – 4 000	10 000 – 15 000	20 000 – 50 000
Светоотдача, лм/Вт	7 – 15	15 – 22	40 – 60	100 – 120
Цветовая температура, К	2 400 – 3 000	2 700 – 3 000	2 700 – 6 000	2 800 – 10 000
Экологическая безопасность	Безопасны	Безопасны	Опасны	Безопасны
Утилизация	Обычная	Отдельно от обычного стекла	Специальные пункты приема	Обычная
Цена	Низкая	Средняя	Выше средней	Высокая
Расход электроэнергии	Большой	Большой	Маленький	Минимальный
Чувствительность к перепадам напряжения/низкой температуре/высокой влажности	Нет/нет/нет	Есть/нет/нет	Есть/есть/есть	Есть/нет/нет

В рамках сводной таблицы кажется необходимым в более полном объеме обозначить преимущества светодиодных источников света:

- Долгий срок службы (в 50 раз больше, чем у ламп накаливания, в 12,5 – чем у галогенных, и в 3,3 раза выше, чем у люминесцентных).
- Максимальная светоотдача при минимальном электропотреблении (в 8 раз выше, чем у ламп накаливания, в 5,5 – чем у галогенных, и в 2 раза выше, чем у люминесцентных). Соответственно, энергопотребление и мощность LED-ламп одинакового светового потока меньше в такое же количество раз.
- Экологическая безопасность, отсутствие проблем с утилизацией.
- Способность лампы работать даже с разбитым рассеивателем.
- Низкий нагрев при работе.
- Мгновенное включение (в отличие от люминесцентных).
- Количество циклов вкл-выкл не сказывается на работоспособности (в отличие от люминесцентных).

- Возможность синхронизации с технологией «умного дома».
- Работа не зависит от влажности и перепадов температур.
- Снижение требований к проводке из-за низкой мощности LED-ламп.  
Разумеется, не обходятся светодиодные лампы и без недостатков:
- Высокая цена (как правило, снижение стоимости происходит за счет качества – замена драйвера на блок питания).
- Чувствительность к перепадам сетевого напряжения (драйвер нивелирует перепады, именно поэтому более дешевые модели без стабилизатора быстро выходят из строя).
- Мерцание (пульсация) светового потока (мерцание зависит от качества конструкции, а отсутствие драйвера резко сказывается на снижении качества света).
- Падение яркости в процессе работы, связанное с физической деградацией светодиодов.

Анализируя достоинства и недостатки люминесцентных ламп низкого давления, ртутных и натриевых высокого давления, комплексных люминесцентных ламп, а также светодиодных, можно сделать вывод о том, что не смотря на недостатки, присущие LED-лампам, последний тип источника света обладает весомыми преимуществами, которые выгодно выделяют его из всего многообразия, следовательно в диссертационной работе принимаем к использованию светодиодные источники света.

#### **1.4 Обзор апробированных энергосберегающих систем освещения общеобразовательных учреждений**

При развитии технологий, используемых в энергетике, можно выделить два основных направления: разработка инновационного оборудования и замена распространенных топливных технологий альтернативными. Последнее предполагает в том числе вовлечение в энергобалансы возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Одной из первых сертифицированных пассивных школ (сниженное потребление энергии) является начальная школа Montessori в Германии [14]. Данная школа не отличается автоматизированной системой управления освещением, однако является энергосберегающей за счет сниженной потребности в осветительной нагрузке. Это объясняется тем, что окна школы расположены на крыше и ориентированы на южную сторону для получения максимального естественного солнечного тепла и инсоляции помещений.

Нельзя не упомянуть и о абсолютно «зеленой» начальной школе в Нью-Йорке [14]. Данное образовательное учреждение не потребляет энергию из городской сети – необходимое количество электричества вырабатывает огромный навес, состоящий из фотоэлектрических элементов, и ветровая турбина. Помещения школы освещаются солнечным светом в среднем на 74%. Световые люки и отражающие потолочные панели пропускают в помещения много солнечного света, сокращая потребности в искусственном освещении. Данная школа потребляет на 50% меньше энергии, чем типичная школа Нью-Йорка.

Разумеется, вопрос энергосбережения рассматривается не только в зарубежных странах, но и в России. В инновационном центре Сколково реализован проект энергоэффективного комплекса начальной школы и детского сада [14]. Важная деталь школы – обилие дневного света. Верхнюю кромку окон архитекторы располагают максимально близко к потолку, чтобы получить максимальное количество света и солнечного тепла. Зенитные фонари пропускают свет глубоко в помещение и создают равномерное дневное освещение там, где поблизости нет окон.

Также, к концу 2020 г. «умное освещение» установлено в 9 школах г. Челябинска [15]. В школе и на прилегающей территории установлены градиентные лампы и светильники, реагирующие на звук и движение. С помощью встроенных сенсоров, лампы автоматически подстраиваются под уровень естественного освещения в классах и заботятся о здоровье учеников

и учителей. Благодаря такому решению удалось сократить расходы на освещение на 75%, общие расходы на электроэнергию – на 30%.

В связи с тем, что использование возобновляемых источников электроэнергии в качестве ресурса для электроснабжения общеобразовательной школы возможно, при установке фото-, ветро-, гидроэлектростанций, а также геотермальных электростанций или гибридных «зеленых» электростанций, но ограничивается возможностью применения в условиях местного климата и рельефа в д. Кисловка Томского района, где находится общеобразовательная школа. Кроме того, неравномерность подачи ресурса обязывает использовать накопители энергии или резервирование за счет традиционной генерации.

## **2. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

### **2.1 Выбор системы освещения**

В соответствии с п. 7.1.2 СП 52.13330.2016, применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения [16]. В связи с тем, что рассматривается реализация системы освещения для коммуникационных помещений, предназначенных для передвижения людей, таких как коридоры, лестничные пролеты, а также для узлов коммуникаций, включающих в себя холлы, рекреации и тамбуры, выбираем общее равномерное освещение. В связи с тем, что комбинированная система применяется для помещений, в которых выполняются точные зрительные работы, она не подлежит рассмотрению.

На основании вышеизложенных сравнительных характеристик разных типов источников искусственного света, а также рекомендаций согласно п. 7.1.3 СП 52.13330.2016 и п.153 СанПиН 1.2.3685-21, выбираем к установке для общего освещения энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источника света с наибольшими световой отдачей и сроком службы – светодиодные LED-светильники [16, 6].

### **2.2 Нормируемые показатели рабочего освещения**

Очевидно, освещение играет не малую роль в высокой трудоспособности учеников и всех работающих лиц в общеобразовательном учреждении, в том числе сотрудников технического персонала. Причем, потребность в искусственном освещении существует даже в дневное время, в связи с тем, что рассматриваемое общеобразовательное учреждение обладает внушаемым количеством коммуникационных помещений, и не все они находятся вблизи окон, что не обеспечивает необходимую норму естественного света. В связи с этим, в рамках выполнения расчетов и предоставления теоретических сведений в диссертации, главным источником освещения будет являться искусственный свет.

Искусственно освещение, в рамках индивидуального задания, подразделяется на рабочее и аварийное. Стоит отметить, что нормируемые характеристики освещения в помещениях обеспечиваются совместным действием светильников рабочего и аварийного освещения, что соответствует нормам, установленным в п. 7.1.1 СП 52.13330.2016 [16].

К нормируемым показателям световой среды, в том числе в общеобразовательном учреждении, относятся:

- цветовая температура;
- светоотдача;
- коэффициент мощности;
- коэффициент пульсации;
- индекс цветопередачи;
- освещенность на рабочей поверхности;
- удельная установленная мощность.

Для целостного понимания предъявляемых требований нормативных документов к параметрам световой среды в рассматриваемых помещениях, в рамках магистерской диссертации, поговорим немного подробнее о каждом из показателей.

Цветовая температура определяется в своде правил СП 52.13330.2016, как температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого объекта, иными словами – температура абсолютно черного тела, при которой оно излучает тот же цвет, что и рассматриваемое излучение [16].

Световая отдача источника света измеряется в «лм/Вт», что уже трактует определение – отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им мощности.

Высокие требования к коэффициенту мощности, определяемого как отношение активной мощности используемой нагрузки к полной мощности, обуславливаются тем, что потребитель платит только за активную

потребленную мощность, а расплачиваться за плохой коэффициент мощности приходится сетевым компаниям, поставляющим электроэнергию, поскольку большая часть реактивной мощности выделяется в подводящих проводах. Иными словами, коэффициент мощности нужен для того, чтобы подобрать энергоэффективный осветительный прибор и не платить за нерационально используемое электричество.

Коэффициент пульсации освещенности определяется согласно СП 52.13330.2016 и СанПиН 1.2.3685-21, как критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током, выражающийся формулой [16, 6]:

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{cp}}} \cdot 100, \text{ где}$$

$E_{\max}$ ,  $E_{\min}$  - максимальное и минимальное значения освещенности соответственно за период ее колебания, лк;

$E_{\text{cp}}$  - среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Кроме того, соблюдение норм коэффициента пульсации освещенности позволяет предотвратить отрицательное влияние фликера, стробоскопического эффекта и снизить зрительное и общее утомление человека.

В соответствии со сводом правил СП 52.13330.2016, индексом цветопередачи называется мера соответствия зрительных восприятий цветного объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света при одинаковых условиях наблюдения [16].

Освещенностью на рабочей поверхности, в соответствии СанПиН 1.2.3685-21, принято понимать отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента [6]:

$$E = \frac{d\Phi}{dA}.$$

Удельной мощностью, измеряемой в Вт/м<sup>2</sup>, согласно п. 3.93 свода правил СП 52.13330.2016, называется установленная мощность искусственного освещения в помещении, отнесенная к полезной (освещаемой) площади [16].

### **2.3 Нормируемые показатели аварийного освещения**

Очевидным является тот факт, что в случае нарушения питания рабочего освещения должно быть предусмотрено аварийное освещение, в первую очередь для обеспечения общественной безопасности во время передвижения находящихся внутри здания людей.

Согласно ГОСТ Р 55842-2013, аварийное освещение классифицируют по видам [17]:

- эвакуационное, подразделяемое: на освещение путей эвакуации, антипаническое освещение и освещение зон повышенной опасности;
- резервное освещение.

В рамках магистерской диссертации рассматриваем только аварийное освещение путей эвакуации и антипаническое освещение. Причем освещение путей эвакуации применяется для надежной идентификации и безопасного использования путей эвакуации. В то время, как антипаническое освещение служит для предотвращения паники и безопасного подхода к путям эвакуации.

В соответствии с п. 7.6.2 свода правил СП 52.13330.2016 [16], для аварийного освещения в первую очередь следует применять светодиодные источники света, что выглядит особенно актуальным в ключе данной диссертации. Необходимо обратить внимание на то, что аварийное освещение должно включаться автоматически при отключении питания рабочего освещения либо вручную, если автоматика не сработала.

Кроме того, СП 52.13330.2016 накладывает строгие ограничения на значения индекса цветопередачи и нормируемой освещенности для источников света, предназначенных для аварийного освещения.

## 2.4 Количественные регламентируемые показатели

Далее, целесообразно рассмотреть численные значения показателей, к которым предъявляются гигиенические нормативы и требования к осветительным установкам с целью обеспечения безвредности для человека факторов окружающей него световой среды.

Цветовая температура источников света, создающих общее равномерное освещение помещений общеобразовательной школы, в соответствии с п. 7.1.3 изменения №2 к СП 52.13330.2016, должна входить в диапазон температур от 2400 до 6500 К [18].

Рекомендуемая световая отдача световых приборов, используемых для общего искусственного освещения помещений при минимально допустимых индексах цветопередачи, согласно табл. 7.1 СП 52.13330.2016, приведена в таблице 3 [16].

Согласно п. 19, 21 постановления от 24 декабря 2020 года №2255 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения» [19], с 1 июля 2021 года светодиодные осветительные панели с торцевой засветкой должны соответствовать минимальным нормированным значениям световой отдачи, установленным в таблице 3, умноженным на коэффициент 0,85.

Таблица 3 – Минимальные нормированные значения световой отдачи светильников со светодиодами

Назначение	Конструкция рассеивателя	Номинальная мощность, Вт	Минимальная светоотдача, лм/Вт,	
			$80 \leq R_a \leq 90$	
			Цветовая температура < 4500 К	Цветовая температура $\geq$ 4500 К
Светильники для общественных помещений	диффузный	не более 25	90·0,85*	100·0,85
		более 25	100·0,85	105·0,85
	призматический	не более 25	95·0,85	105·0,85
		более 25	115·0,85	120·0,85

Примечание: \*согласно п. 19, 21 постановления от 24 декабря 2020 года №2255, минимальное значение световой отдачи необходимо умножить на коэффициент 0,85.

В дополнение, требования к осветительным устройствам нормируют в том числе и коэффициент мощности светильников, в зависимости от потребляемой ими мощностью – таблица 4.

Таблица 4 – Минимальные значения коэффициента мощности для светодиодных светильников

Потребляемая мощность светильника, Вт	Коэффициент мощности, о.е., не менее
до 5	0,50
от 5 до 10	0,70
от 10 до 25	0,80
более 25	0,85

Согласно п. 25 постановления от 24 декабря 2020 года №2255, коэффициент пульсации светового потока светильников со светодиодами для целей внутреннего освещения общественных зданий должен составлять не более 10 % [19].

Требования к комфортному освещению образовательных учреждений рекомендуется принимать по таблице 4.2, таблице Л.1 приложения Л свода правил СП 52.13330.2016 “Естественное и искусственное освещение”, а также по таблице 5.54 СанПиН 2.2.3685-21 [16, 6]. Нормируемые нормативные показатели световой среды представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Нормативные показатели освещения основных помещений общественных зданий

Помещения	Плоскость нормирования освещенности, высота плоскости над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение	
			Минимальная освещенность рабочих поверхностей при общем освещении, лк	Индекс цветопередачи $R_a$
Согласно табл. Л.1 СП 52.13330.2016 и табл. 5.54 СанПиН 2.2.3685-21*				
Главные коридоры и проходы	Г-0,0 – на полу	Ж-1	100	80
Главные лестничные клетки, тамбуры	Г-0,0 – пол, площадки, ступени	В-2	100	80
Рекреации	Г-0,0	Е	200	80
Кладовые	Г-0,8	Ж-2	50	80
Уборные	Г-0,0	Ж-1	75	80

Окончание таблицы 5

Душевые, гардеробные	Г-0,0	Ж-2	50	80
Гардеробные уличной одежды	Г-0,0	Е	150	80
Спортивные залы	Г-0,0 – на полу	Б-2	200	80
Игровые комнаты	Г-0,0	А-2	400	80
Участки электрооборудования и приборов питания	Г-0,8	А-2	400	80
Согласно табл. 4.2 изменения №2 к СП 52.13330.2016				
Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд и подразряд зрительной работы	Средняя освещенность рабочих поверхностей при общем освещении, лк	
Различение объектов при фиксированной и нефиксированной линии зрения: - очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	А-2	500	
	От 0,30 до 0,50	Б-2	200	
Различение объектов при линии зрения средней точности	Более 0,5	В-2	150	
Общее ориентирование в пространстве интерьера при большом скоплении людей	Независимо от размера объекта различения	Ж-1	150	
		Ж-2	100	
Обзор окружающего пространства при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов при низкой насыщенности помещений светом	Независимо от размера объекта различения	Е	200	

Примечание: \*минимальные гигиенические нормы освещенности приведены в СанПиН 1.2.3685-21.

Необходимо отметить, что в соответствии с п. 7.3.2 свода правил СП 52.13330.2016, в целях контроля за энергопотреблением устанавливаются требования к максимально допустимой удельной установленной мощности общего искусственного освещения помещений общественных зданий разрядов А-В. На основании этого, согласно табл. 7.4 СП 52.13330.2016 с изменением №2, удельные установленные мощности общего искусственного

освещения не должны превышать максимально допустимых значений, приведенных в таблице 6 [16].

Таблица 6 – Максимально допустимые удельные установленные мощности искусственного освещения на основе светодиодных источников света общественных помещений

Нормируемое значение средней освещенности на рабочей поверхности, лк	Индекс помещения	Удельная установленная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , не более
500	0,6	16
	0,8	14
	1,28	12
	2 и более	10
400	0,6	14
	0,8	12
	1,28	10
	2 и более	8
200	0,6	10
	0,8	8
	1,28	6
	2 и более	4
150	0,6	8
	0,8	6
	1,28	5
	2 и более	3
100	0,6	6
	0,8	4
	1,28	3,5
	2 и более	2

Что касается аварийного освещения, п. 7.6.2 свода правил СП 52.13330.2016 предписывает применять источники света для аварийного освещения с индексом цветопередачи не менее 40.

Нормируемая освещенность, режим включения и продолжительность работы аварийного освещения регламентируются таблицей 7.28 п. 7.6.5 изменения №1 к СП 52.13330.2016, представленной в виде таблицы 7 настоящей работы.

Таблица 7 – Нормы аварийного освещения

Виды и объекты аварийного освещения	Минимальная нормируемая освещенность на горизонтальной поверхности, лк, не менее	Продолжительность работы аварийного освещения, ч, не менее	Режим включения аварийного освещения
Пути эвакуации шириной до 2 м: - на полу по оси прохода	1,0	1,0	Должно обеспечивать 50% нормируемой освещенности через 5 с после нарушения питания рабочего освещения, а 100% нормируемой освещенности - через 10 с
- на полу в полосе шириной не менее 50% ширины прохода, симметрично расположенная относительно центральной линии	0,5	1,0	
- лестничных маршей в зданиях с постоянным пребыванием МГН	5,0	1,0	
Антипаническое освещение - на всей свободной площади пола, за исключением полосы 0,5 м по периметру помещения	0,5	1,0	

## 2.5 Расчёт общего искусственного освещения

Существуют различные методы расчета искусственного освещения, которые можно свести к трем основным: метод светового потока лампы, точечный метод и метод удельной мощности.

### 2.5.1 Точечный метод расчета

Точечный метод применяют в основном для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей. На практике точечный метод расчета применяют при проектировании общего равномерного освещения помещений, если требуется оценить освещенность в конкретных точках [20].

Преимуществом точечного метода является возможность рассчитать освещенность на наклонной и вертикальной рабочей поверхности, недостатком – большой объем расчетов, сложность расчета для неточечных источников света, игнорирование отраженного от стен и потолка светового потока.

Расчет освещенности в заданной точке от точечного источника света на плоскости, произвольно ориентируемой в пространстве, осуществляется по выражению:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{H_p^2 \cdot k} \cdot \left( \cos \theta + \text{sign} \frac{P}{H_p} \sin \theta \right), \text{ где}$$

$I_{\alpha}$  - сила света в направлении от источника света до данной точки рабочей поверхности, кд;

$\alpha$  - угол падения световых лучей, т.е. угол между световым лучом и нормалью к поверхности, град;

$H_p$  - высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через расчетную точку, м;

$k$  - коэффициент запаса лампы;

$P$  - кратчайшее расстояние от проекции оси симметрии светильника на горизонтальную плоскость до следа пересечения последней с расчетной плоскостью, м;

$\theta$  - угол наклона расчетной плоскости к горизонту, град.

В случае определения освещенности в горизонтальной плоскости выражение примет вид:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{H_p^2 \cdot k}.$$

Данные о распределении силы света приводятся в светотехнических справочниках. Кроме того, при необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

### 2.5.2 Метод удельной мощности

Метод удельной мощности является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому его применяют только при ориентировочных расчетах. Данный метод применяется для предварительного определения мощности установленной осветительной установки или для ориентировочной оценки

правильности выполненного расчета. Он базируется на средних значениях мощности, необходимой для создания требуемой освещенности при средних значениях коэффициента использования осветительной установки [21].

Сущность расчета освещения по методу удельной мощности заключается в том, что в зависимости от типа светильника и места его установки, высоты подвеса над рабочей поверхностью, освещенности на горизонтальной поверхности и площади помещения определяется значение удельной мощности.

Мощность общей лампы определяют согласно выражению:

$$P = \frac{P_{уд} \cdot S}{N}, \text{ где}$$

$P_{уд}$  - удельная мощность (отношение мощности осветительной установки к площади помещения), Вт/м<sup>2</sup>, выбирается по таблицам в зависимости от уровня освещенности, площади помещения, типа светильника и высоты его подвеса, типа и мощности ламп;

$S$  - площадь помещения, м;

$N$  - число ламп в осветительной установке.

### 2.5.3 Метод светового потока

Метод светового потока, именуемый иногда методом коэффициента использования, обычно используют только для определения общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности, поскольку при расчете данным методом оценка минимальной освещенности без конкретизации точек с такой освещенностью весьма приближительна.

Коэффициент использования определяется как отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света. Он зависит от светораспределения светильников и их размещения в помещении, от размеров освещаемого помещения и отражающих свойств его поверхностей.

Преимуществом метода светового потока является простота расчета, учет отраженного светового потока, а недостатком - невозможность расчета освещенности, создаваемой местными светильниками и на наклонной плоскости. Ввиду этого, используем для расчета искусственного освещения метод светового потока.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами (рисунок 9):

$H$  – высота помещения, согласно заданию: для коридора  $H = 2,98\text{ м}$ , для лестничных клеток  $H = 3,90\text{ м}$ ;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_{\text{п}}$  – высота светильника над полом, высота подвеса,  $h_{\text{п}} = H - h_c$ , м;

$h_{\text{рп}}$  – высота рабочей поверхности над полом, для всех коммуникационных помещений рабочей горизонтальной поверхностью считается пол, т.е.  $h_{\text{рп}} = 0\text{ м}$ ;

$h$  – высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, в данной работе численно совпадает с высотой подвеса светильников  $h_{\text{п}}$ , м.

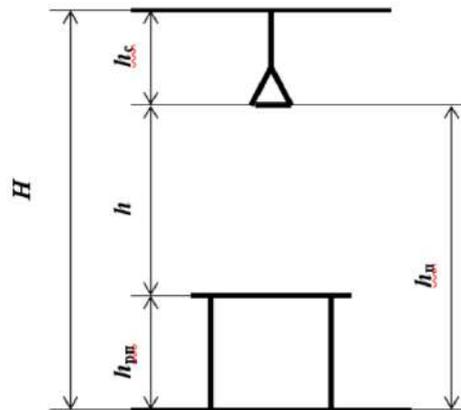


Рисунок 9 – Основные расчетные параметры размещения светильников

Как правило расстояние между светильниками определяется по выражению:

$$L = \lambda \cdot h, \text{ где}$$

$\lambda$  - интегральный критерий оптимальности расположения светильников;

$h$  - расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Уменьшение  $\lambda$  удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности. Несмотря на это, в ныне существующей справочной литературе величина интегрального критерия указывается исключительно для ламп накаливания и газоразрядных ламп, следовательно эмпирически оптимальные расстояние между светильниками определить не представляется возможным. Однако, наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное или по сторонам квадрата (расстояние между светильниками в ряду и между рядами равны). В связи с этим располагаем ряды светильников таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное освещение каждого из рассматриваемых помещений.

Расчет светового потока одной лампы по методу светового потока ведется по выражению [22]:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}, \text{ где}$$

$E_n$  – нормируемая минимальная освещенность, лк;

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

$k_3$  – коэффициент запаса, согласно таблице 4.3 СП 52.13330.2016 учитывает снижение освещенности из-за загрязнения и старения определенного типа ламп, коммуникативные помещения относятся к помещениям с малым выделением пыли ( $k_3 = 1,0$  о.е.), в то время, как уменьшение светоотдачи по причине деградации светодиодного источника света учитывается посредством коэффициента  $k_3 = 1,1$  о.е. [16, 23];

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней освещённости к минимальной), согласно СанПиН 1.2.3685-21 для светодиодных источников света  $Z = 1,0$  о.е. [6];

$N$  – количество светильников в помещении (с учетом количества ламп в светильнике), шт;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, для выбора которого необходимо знать:

– коэффициент отражения от потолка, стен и пола ( $\rho_{\text{п}}, \rho_{\text{с}}, \rho_{\text{р}}$ );

– индекс помещения (характеризуется соотношением размеров освещаемого помещения и высоты подвеса светильников в нем):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \text{ где}$$

$A, B$  - ширина и длина помещения исходя из плана, соответственно м;

$h$  - высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, м.

#### **2.5.4 Расчет искусственного освещения методом светового потока**

Перед расчетом осветительных установок необходимо выбрать тип светильников, соответствующий условиям эксплуатации, их высоту подвеса и ориентировочное размещение в помещении.

Помимо очевидных преимуществ светодиодных источников света перед газоразрядными, согласно п. 153 СанПиН 1.2.3685-21, для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком службы [6].

В связи с этим, в рамках магистерской диссертации, для реализации автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения средней общеобразовательной школы с навесными потолками, используем встраиваемые потолочные LED-светильники, обеспечивающие равномерный рассеянный свет и моментально выходящие на рабочую мощность.

Разумеется, высота подвеса светильников обуславливается способом их установки. В соответствии с п. 7.1.37 ПУЭ (издание 7) электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой, а с эстетической точки зрения превалирует вариант скрытой электропроводки [24]. Согласно п. 7.1.38 ПУЭ (издание 7), одной из вариаций скрытой электрической проводки являются электрические сети, прокладываемые за подвесными потолками в трубах и

коробах, выполненных из негорючих материалов, а также кабелями, не распространяющими горение.

Предлагается к использованию подвесные (навесные) потолки панельного типа, позволяющие обеспечить возможность замены кабелей и скрыто прокладывать коммуникации, не занимаясь штроблением стен. В таком случае, при использовании потолков навесного исполнения и встраиваемых светодиодных осветительных панелей с торцевой засветкой – рисунок 10, высота подвеса составит порядка 15 см ( $h = 15$  см на рисунке 9).



Рисунок 10 – Общий вид светодиодных панелей с торцевой засветкой

Рассмотрим два примера расчета светового потока - для лестничной клетки и коридора, имеющего нестандартную форму.

Для начала определим значение необходимого светового потока для помещения, имеющего нестандартную форму - коридора блока Б первого этажа – помещение №1041 согласно приложению А, а также выбор подходящих источников света.

Для помещения №1041 (рисунок 11) однозначно нельзя определить индекс помещения, поэтому условно разделим коридор на несколько простых геометрических фигур и найдем среднеарифметический индекс помещения:

$$i_1 = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{4,290 \cdot 4,290}{2,83 \cdot (4,290 + 4,290)} = 0,758 \text{ о.е.},$$
$$i_2 = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{2,900 \cdot 2,900}{2,83 \cdot (2,900 + 2,900)} = 0,512 \text{ о.е.},$$
$$i_3 = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{16,128 \cdot 5,300}{2,83 \cdot (16,128 + 5,300)} = 1,410 \text{ о.е.},$$

$$i_4 = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6,430 \cdot 7,190}{2,83 \cdot (6,430 + 7,190)} = 1,199 \text{ о.е.},$$

$$i_5 = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{4,710 \cdot 5,416}{2,83 \cdot (4,710 + 5,416)} = 0,890 \text{ о.е.},$$

$$i_{\text{срез}} = \frac{0,758 + 0,512 + 1,410 + 1,199 + 0,890}{5} = 0,954 \text{ о.е.}, \text{ где}$$

$A, B$  - ширина и длина помещения №1041,  $A = 3,000 \text{ м}$ ,  $B = 5,743 \text{ м}$ ;

$h$  - высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, для коридоров, согласно заданию,  $h = H - h_c = 2,98 - 0,15 = 2,83 \text{ м}$ .

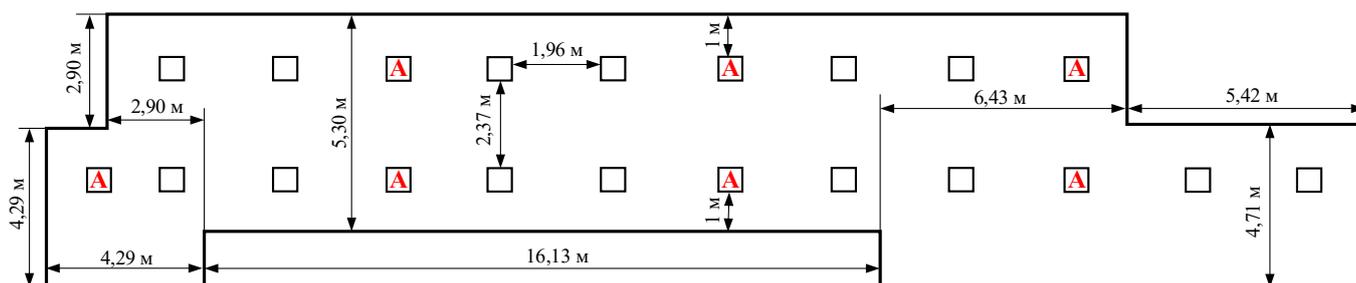


Рисунок 11 – Схема размещения светильников в помещении №1041

Зная цветовую гамму помещений – рисунок 12, определим коэффициенты отражения, согласно таблице Г.2 изменения №1 к СП 52.13330.2016 [25].



Рисунок 12 – Цветовая палитра внутренних поверхностей школы

В соответствии с таблицей Г.2 СП 52.13330.2016 [25], потолку, имеющему цвет в диапазоне от слоновой кости до светло-желтого соответствует коэффициент отражения в пределах  $\rho_{\text{п}} = 0,55 \div 0,75 \text{ о.е.}$ , стенам, имеющим цвет в пределах цветового диапазона от бежевого до светло-желтого, соответствует коэффициент отражения в пределах  $\rho_{\text{с}} = 0,38 \div 0,55$

о.е., а полу, выполненному в бежевой гамме соответствует коэффициент отражения, равный  $\rho_{\text{п}} = 0,38$  о.е. Необходимо подчеркнуть, что выбранные диапазоны отражения потолков, стен и пола имеют приближенный характер, поэтому, примем соответствующие им коэффициенты в конечных величинах:  $\rho_{\text{п}} = 0,7$  о.е.,  $\rho_{\text{с}} = 0,5$  о.е.,  $\rho_{\text{р}} = 0,3$  о.е.

Коэффициент использования светового потока, при округлении индекса помещения №1041 до ближайшего значения из следующего ряда: 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.1; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0; 2.25; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 5.0 для таблицы 8 составит  $\eta = 0,54$  о.е.

Таблица 8 – Коэффициент использования светового потока светильников, излучаемых в нижнюю полусферу [26]

$\rho_{\text{п}}, \%$	70				50		30	0
$\rho_{\text{с}}, \%$	50		30		50	30	10	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	30	10	10		10	0
Значение $i_n$	Коэффициент использования, $\eta$ , %							
0,50	28	28	21	21	25	19	15	13
0,60	35	34	27	26	31	24	18	17
0,70	44	39	32	31	39	31	25	24
0,80	49	46	38	36	43	36	29	28
0,90	51	48	40	39	46	39	31	30
1,00	<b>54</b>	50	43	41	48	41	34	32
1,10	56	52	46	43	50	43	35	33
1,25	59	55	49	46	53	45	38	35
1,50	64	59	53	50	56	49	42	39
1,75	68	62	57	53	60	53	45	42
2,00	73	65	61	56	63	56	48	45
2,25	76	68	65	60	66	59	51	48
2,50	79	70	68	63	68	61	54	51
3,0	83	75	73	67	72	65	58	55
3,5	87	78	77	70	75	68	61	59
4,00	91	80	81	73	78	72	65	62

Тогда, световой поток одной лампы для коридора №1041 составит:

$$F = \frac{E_{\text{н}} \cdot S_{\Sigma} \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot (18,40 + 8,41 + 85,48 + 46,23 + 25,51) \cdot 1,1 \cdot 1,0}{21 \cdot 0,54} = 2\,677,7 \text{ лм, где}$$

$E_n$  – нормируемая минимальная освещенность для коридора, согласно таблице 5,  $E_n = 150$  лк;

$S_\Sigma$  – площадь коридора №1041, представленная в виде суммы пяти геометрических фигур согласно приложению А и рисунку 11

$$S_\Sigma = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 4,29 \cdot 4,29 + 2,90 \cdot 2,90 + 16,13 \cdot 5,30 + 6,43 \cdot 7,19 + 4,71 \cdot 5,42 = 18,40 + 8,41 + 85,48 + 46,23 + 25,51 = 184,03 \text{ м}^2.$$

$k_z$  - коэффициент запаса, согласно таблице 4.3 СП 52.13330.2016 учитывает снижение освещенности из-за загрязнения и старения определенного типа ламп, коммуникативные помещения относятся к помещениям с малым выделением пыли ( $k_z = 1,0$  о.е.), в то время, как уменьшение светоотдачи по причине деградации светодиодного источника света учитывается посредством коэффициента  $k_z = 1,1$  о.е. [16, 23];

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней освещенности к минимальной), согласно СанПиН 1.2.3685-21 для светодиодных источников света  $Z = 1,0$  о.е. [6];

$N$  – количество светильников в помещении (с учетом количества ламп в светильнике),  $N = 21$  ед. - рисунок 11;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока,  $\eta = 0,54$  о.е.

Выбранный источник света должен соответствовать допустимому отклонению светового потока  $(-10\%) \div (+20\%)$ , т. е. входить в диапазон значений  $2\ 409,9 \text{ лм} \div 3\ 213,2 \text{ лм}$ . Принимаем к установке светодиодный светильник Dioga Office SE 30/3000 oral мощностью 30 Вт со световым потоком, равным 3000 лм, следовательно, условие выполняется [27]. Необходимо обратить внимание, что светильники Dioga различаются по конструкции рассеивателя – «oral» и «prism», первый из которых применяется для помещений с высотой, менее 3,5 м.

Определим величину светового потока для лестничной клетки – помещение №1002 согласно приложению А.

Как правило, в лестничных пролетах светильники устанавливаются параллельно оси помещения. В таком случае, для обеспечения необходимой величины освещенности лестничного пролета №1002 блока Б 1 этажа, располагающим площадью всего 17,23 м<sup>2</sup>, предварительно примем к установке 2 источника света. Однако необходимо учитывать, что для обеспечения безопасности в случае нарушения питания рабочего освещения предусматривается аварийное освещение, которое, при условии установки 2<sup>х</sup> рабочих светильников является экономически нецелесообразным и физически сложно исполнимым в рамках рассматриваемого помещения. Поэтому, предварительно примем к установке по одному светильнику для рабочего и аварийного освещения.

Зная геометрические размеры освещаемого помещения и высоту подвеса светильников, определим индекс помещения №1002:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{3,000 \cdot 5,743}{3,75 \cdot (3,000 + 5,743)} = 0,53 \text{ о.е.}, \text{ где}$$

$A, B$  - ширина и длина помещения №1002 исходя из плана, соответственно,  $A = 3,000 \text{ м}$ ,  $B = 5,743 \text{ м}$ ;

$h$  - высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, для лестничных клеток, согласно заданию,  $h = H - h_c = 3,90 - 0,15 = 3,75 \text{ м}$ .

Коэффициенты отражения, очевидно, не изменятся, поскольку цветовая палитра внутренних поверхностей учреждения сохраняется во всех коммуникационных помещениях:  $\rho_n = 0,7 \text{ о.е.}$ ,  $\rho_c = 0,5 \text{ о.е.}$ ,  $\rho_p = 0,3 \text{ о.е.}$

Коэффициент использования светового потока, при округлении индекса помещения №1002 до ближайшего значения из следующего ряда: 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.1; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0; 2.25; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 5.0 для таблицы 8 составит  $\eta = 0,28 \text{ о.е.}$

Тогда, световой поток одной лампы на лестничной клетке №1024 равен:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot k_s \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 17,23 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,28} = 3722,9 \text{ лм}, \text{ где}$$

$E_n$  - нормируемая минимальная освещенность для лестничной клетки, согласно таблице 5,  $E_n = 100$  лк;

$S$  - площадь освещаемого помещения, в соответствии с приложением А  
 $S = A \cdot B = 3,000 \cdot 5,743 = 17,23 \text{ м}^2$ ;

$k_3$  - коэффициент запаса, согласно таблице 4.3 СП 52.13330.2016 учитывает снижение освещенности из-за загрязнения и старения определенного типа ламп, коммуникативные помещения относятся к помещениям с малым выделением пыли ( $k_3 = 1,0$  о.е.), в то время, как уменьшение светоотдачи по причине деградации светодиодного источника света учитывается посредством коэффициента  $k_3 = 1,1$  о.е. [16, 23];

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения (отношение средней освещенности к минимальной), согласно СанПиН 1.2.3685-21 для светодиодных источников света  $Z = 1,0$  о.е. [6];

$N$  - количество светильников в помещении (с учетом количества ламп в светильнике),  $N = 2$  ед.;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока,  $\eta = 0,28$  о.е.

Выбранный источник света, согласно рекомендациям, должен соответствовать отклонению светового потока ( $-10\%$ ) ÷ ( $+20\%$ ), т.е. входить в диапазон значений  $3350,6 \text{ лм} \div 4467,5 \text{ лм}$ . Принимаем к установке светодиодный светильник Diora NPO SE 40/4800 prism мощностью 40 Вт со световым потоком 4800 лм в связи с тем, что при разработке светотехнической и электрической частей проекта важным фактором является простота реализации, экономическая целесообразность и унификация объектов на основе рационального выбора, что в дальнейшем упрощает ремонт и обслуживание, в том числе обеспечение запасными частями (см. таблицу Б.1), [28].

Определение светового потока для всех остальных помещений производится аналогичным способом. Результаты расчетов приведены в сводной таблице Б.1.

Обратим внимание на тип выбранных к установке осветительных устройств, предназначенных для рабочего освещения. Для общего освещения таких помещений образовательных учреждений, как коридоры, рекреации, холлы и тамбуры следует применять светильники рассеянного света типа Diora Office SE (30/3000, 50/5000) opal – рисунок 13 [27, 29], и, как отмечалось ранее необходимо учитывать конструкцию рассеивателя - «prism» для помещений с высотой 3,5 м и более, т.е. для лестничных клеток, в то время, как «opal» подходит для всех остальных рассматриваемых в диссертации коммуникационных помещений.



Рисунок 13 – Светодиодный светильник Diora Office

Светильники Diora NPO SE 40/4800 prism – рисунок 14, в рамках данной работы используются в качестве светодиодных источников света системы освещения образовательного учреждения для лестничных клеток.



Рисунок 14 – Светодиодный светильник Diora NPO SE 40/4800 prism

Источник искусственного освещения Diora Луна 25/3000 [30], представленный на рисунке 15, предназначен для освещения объектов различного профиля - лестничные пролеты, тамбуры и тамбур-шлюзы. Выбор в пользу применения данного типа светодиодного светильника, вместо Diora

Office/NPO, трактуется конструкционными особенностями освещаемых помещений, например площадь и необходимый световой поток предполагаемого источника света.



Рисунок 15 – Светодиодный светильник Diora Луна

## 2.5.5 Проверка на соответствие нормируемым показателям

### Рабочее освещение

Проверка выбранных источников света для освещения коммуникационных помещений общеобразовательной школы выполняется по каждому из нормируемых показателей искусственного освещения, указанному в п. 2.2 данной работы с соответствующими нормативными документами.

Технические характеристики выбранных светодиодных источников света представлены в таблице 9 [27, 28, 29, 30].

Таблица 9 – Технические характеристики Diora Office SE 30/3000 (50/5000) opal, Diora NPO SE 40/4800 prism и Diora Луна 25/3000

Тип ИС Параметр	Diora Office SE 30/3000 opal	Diora Office SE 50/5000 opal	Diora NPO SE 40/4800 prism	Diora Луна 25/3000
Потребляемая мощность, Вт	30	50	40	25
Световой поток, лм	3000	5000	4800	3000
Цветовая температура, К	4000-6000	4000-6000	4000-6000	4000
Светоотдача, лм/Вт	85	90	125	120
Коэффициент мощности, о.е.	0,85	0,85	0,85	0,9
Коэффициент пульсации светового потока, %	менее 5	менее 5	менее 5	менее 5
Индекс цветопередачи, Ra	80	80	80	80

### *Цветовая температура*

Ввиду того, что для общего равномерного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 К до 6500 К, значит, выбранные к установке световые приборы со светодиодами полностью удовлетворяют нормам, указанным в п. 7.1.3 изменения №2 к СП 52.13330.2016 [18].

### *Светоотдача*

Согласно таблице 3, минимальная светоотдача для светодиодных светильников Diora Office SE 30/3000 (50/5000) opal соответствует 85 лм/Вт, для Diora NPO SE 40/4800 opal – 97,75 лм/Вт, для Diora Луна 25/3000 – 97,75 лм/Вт. В таком случае, выбранные к установке светодиодные панели удовлетворяют нормируемым показателям светоотдачи, согласно изменению №2 к СП 52.13330.2016 и постановлению от 24 декабря 2020 года №2255 [18, 19].

### *Коэффициент мощности*

Поскольку коэффициент мощности выбранных светодиодных панелей находится в пределах 0,85-0,9 о.е. в то время, как минимально допустимая регламентируемая величина составляет 0,85 о.е. – таблица 4, следовательно можно сделать вывод о соответствии выбранных источников света по параметру коэффициента мощности нормируемым значениям.

### *Коэффициент пульсации*

На основании таблицы 9, можно утверждать о том, что светильники «Diora» обладают коэффициентом пульсации менее 5 %, что полностью удовлетворяет нормативным требованиям, обязывающим выбирать источники света с коэффициентом пульсации не более 10%.

### *Индекс цветопередачи*

Выбранные к установке LED-светильники, располагают индексом цветопередачи, составляющим  $R_a = 80$  ед. – таблица 9, что удовлетворяет нормируемому показателю ( $R_a \geq 80$  ед.), представленным в п. 26 постановления от 24 декабря 2020 года №2255 [19].

### Удельная установленная мощность

С целью проверки выбранных источников света на соответствие нормируемым величинам максимально допустимой удельной установленной мощности, рассчитаем данный параметр для помещений общеобразовательной школы разрядов А-В: лестничные клетки, спортивные залы, игровые комнаты и участки приборов питания.

Пример расчета для коридора блока А 1 этажа (№1078):

$$P_{уд.р} = \frac{P_{уд.Σ}}{S} = \frac{P_{уст} \cdot N}{S} = \frac{40 \cdot 2}{30,48} = 2,625 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результаты расчетов для каждого помещения разрядов А-В представлены в сводной таблице 10.

Таблица 10 – Результаты расчетных удельных установленных мощностей

№	$E_n$ , лк	$i$ , о.е.	$P_{уст}$ , Вт	$P_{уд.р.}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$S$ , м <sup>2</sup>	$P_{уд.н.}$ , Вт/м <sup>2</sup>
1092	100	0,7	80	2,625	30,48	4
1100	100	0,7	80	2,551	31,36	4
1101	500	0,5	50	14,39	2,05	16
1074	100	0,7	100	3,281	30,48	4
1076	100	0,7	80	2,551	31,36	4
1047	400	1,5	500	7,831	63,85	8
1048	400	1,25	450	9,184	49,00	10
1055	300	2,5	800	3,835	188,88	4
1077	500	0,5	50	14,39	2,05	16
1002	100	0,5	80	4,643	17,23	6
1018	100	0,9	120	2,629	45,64	3,5
1025	100	0,6	80	3,562	22,46	6
1026	100	0,5	40	3,802	10,52	6
2003	200	3,5	280	0,528	530,53	4
2021	200	3,5	280	0,528	530,53	4
3013	100	0,6	80	3,289	24,32	6
3026	100	0,6	80	3,289	24,32	6

Сопоставление расчетных значений удельной установленной мощности с нормируемыми позволяет сделать вывод о том, что выбранные к установке светодиодные источники света не превышают нормируемые значения максимально допустимой удельной установленной мощности.

## Аварийное освещение

Следующим этапом необходимо проверить выбранные источники света аварийного исполнения на соответствие нормируемым параметрам. Очевидно, норм аварийного освещения гораздо меньше, нежели для рабочего освещения помещений. В соответствии с п. 7.6.2 и п. 7.6.5 СП 52.13330.2016, к ним относятся: индекс цветопередачи, величина нормируемой освещенности и режим включения аварийного освещения – таблица 7 [16].

В рамках выполняемой работы, нормируемые показатели рабочего освещения в помещениях обеспечиваются как светильниками рабочего освещения, так и их совместным действием со светильниками аварийного освещения, что соответствует нормам, установленным в п. 7.1.1 СП 52.13330.2016 [16]. Кроме того, при отключении напряжения в сети светильники Diora аварийного исполнения продолжают работать автономно за счет встроенного аварийного блока питания (литий-ионный аккумулятор, встроенный в корпус драйвера) в течении  $2^x$  часов при сниженном световом потоке – 10% от номинального. В то время, как согласно ГОСТ Р 55842-2013, время работы эвакуационного освещения должно быть не менее 1 часа [17].

Функционирование аварийного освещения в случае внештатной ситуации, обеспечивается светильниками в аварийном исполнении Diora Office SE 30/3000 (50/5000), Diora NPO SE 40/4800, а также Diora Piton 70/7500 opal и Diora LPO/LSP SE 20/2800 opal. Последний применяется для помещений с высоким содержанием влаги, поэтому предлагается к установке в раздевальных комнатах маломобильных групп населения (МГН), совмещенных с уборной или душевой [31]. Светильники Diora Piton 70/7500 opal отличается от всех применяемых светильников материалом конструкции – рассеиватель выполнен из ударопрочного поликарбоната, в связи с этим данный тип светильников применяется в спортивных залах в качестве аварийного освещения [32]. Технические характеристики Diora Piton 70/7500 opal и Diora LPO/LSP SE 20/2800 opal приведены в таблице 11. Общий вид

светильников Diora Piton и Diora LPO/LSP SE представлены на рисунках 16 и 17, соответственно.

Таблица 11 – Технические характеристики светильников на светодиодах Diora Piton 70/7500 opal и Diora LPO/LSP SE 20/2800 [31, 32]

Параметр \ Тип ИС	Diora Piton 70/7500 opal	Diora LPO/LSP SE 20/2800
Потребляемая мощность, Вт	70	21
Световой поток, лм	7500	2800
Цветовая температура, К	3000	4000-6000
Светоотдача, лм/Вт	107	128,5
Коэффициент мощности, о.е.	0,95	0,85
Коэффициент пульсации светового потока, %	1	менее 5
Индекс цветопередачи, Ra	80	80



Рисунок 16 – Светодиодный светильник Diora Piton



Рисунок 17 – Светодиодный светильник Diora LPO/LSP SE

По таблицам 9 и 11 видно, что индекс цветопередачи всех осветительных устройств составляет 80 единиц, что в два раза превышает требуемый, согласно п. 7.6.2 свода правил СП 52.13330.2016 индекса цветопередачи [16].

В качестве примера определим величину освещенности в условиях нарушения питания рабочего освещения, создаваемую световым потоком на лестничной клетке №3013 (блок Б 3 этаж):

$$E_{\text{п ав}} = \frac{F_{\text{ав}} \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot Z} = \frac{480 \cdot 1 \cdot 0,35}{24,32 \cdot 1,1 \cdot 1,0} = 6,3 \text{ лк, где}$$

$F_{ав}$  - световой поток светильника в аварийном режиме работы, согласно таблице 9  $F=4800$ лм, однако при функционировании светильника от блока аварийного освещения обеспечивается сниженный световой поток, ориентировочно равный 10% от номинального значения, тогда  $F_{ав} = 480$  лм;

$S$  - площадь помещения, согласно приложению А  $S = 24,32$ м<sup>2</sup> ;

$k_з$  - коэффициент запаса, согласно таблице 4.3 СП 52.13330.2016 учитывает снижение освещенности из-за загрязнения и старения определенного типа ламп, коммуникативные помещения относятся к помещениям с малым выделением пыли ( $k_з = 1,0$  о.е.), в то время, как уменьшение светоотдачи по причине деградации светодиодного источника света учитывается посредством коэффициента  $k_з = 1,1$  о.е. [16, 23];

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней освещённости к минимальной), согласно СанПиН 1.2.3685-21 для светодиодных источников света  $Z = 1,0$  о.е. [6];

$N$  – количество светильников в помещении, согласно таблице Б.1  $N = 1$  ед;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока, согласно таблице Б.1  $\eta = 0,35$  о.е.

Согласно таблице 7, минимальная освещенность путей эвакуации на лестничных маршах составляет  $E_{н\ min} = 5$  лк, и, поскольку  $E_{р\ ав} = 6,3$  лк  $\geq 5$  лк =  $E_{н\ min}$  – условие выполняется.

Значения освещенностей путей эвакуации и антипанического освещения, предназначенных для предотвращения паники, надежного определения и безопасного использования путей эвакуации представлены в сводной таблице 12.

Таблица 12 – Проверка расчетной освещенности на соответствие минимально допустимой в условиях аварийной ситуации

№	$F_p$ , лм	N, шт	$\eta$ о.е.	S, м <sup>2</sup>	$E_p$ , лк	$E_n$ min, лк	№	$F_p$ , лм	N, шт	$\eta$ о.е.	S, м <sup>2</sup>	$E_p$ , лк	$E_n$ min, лк
3013	480	1	0,35	24,32	6,28	5,0	3051	500	1	0,49	29,81	7,47	0,5
3026	480	1	0,35	24,32	6,28	5,0	3056	500	3	0,54	108,35	6,80	0,5
3015	300	4	0,44	52,54	9,14	1,0	3068	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0
1081	500	1	0,28	11,94	10,66	1,0	3069	500	1	0,44	18,25	10,96	0,5
1078	500	1	0,49	33,30	6,69	0,5	3071	500	1	0,28	16,28	7,82	1,0
1101	500	1	0,28	2,05	62,08	1,0	3073	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0
1099	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0	4002	500	1	0,49	29,81	7,47	0,5
1046	500	2	0,51	68,19	6,80	0,5	4007	500	3	0,54	108,35	6,80	0,5
1054	500	1	0,28	20,64	6,17	1,0	4019	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0
1047	500	6	0,64	63,85	27,34	0,5	4020	500	1	0,44	18,25	10,96	0,5
1048	500	3	0,59	49,00	16,42	0,5	4022	500	1	0,28	16,28	7,82	1,0
1055	500	16	0,79	188,88	30,42	0,5	4024	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0
1060	500	1	0,28	11,01	11,56	1,0	2001	300	8	0,59	82,37	15,63	0,5
1062	500	1	0,28	4,39	28,99	1,0	2002	300	5	0,59	150,95	5,33	0,5
1063	500	1	0,28	5,33	23,88	1,0	2019	300	1	0,35	11,98	7,97	1,0
1065	300	1	0,28	7,62	16,70	1,0	2028	300	7	0,68	177,97	7,29	0,5
1069	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0	2003	750	4	0,87	530,53	4,47	0,5
1070	500	1	0,44	18,06	11,07	0,5	2011	280	1	0,28	4,42	16,13	1,0
1071	500	1	0,28	5,74	22,17	1,0	2012	280	1	0,28	5,04	14,14	1,0
1072	500	1	0,35	16,65	9,56	1,0	2021	750	4	0,87	530,53	4,47	0,5
1077	500	1	0,28	2,05	62,08	1,0	2023	280	1	0,28	4,42	16,13	1,0
0003	300	7	0,35	107,27	6,23	1,0	2024	280	1	0,28	5,04	14,14	1,0
0031	300	3	0,64	122,64	4,27	0,5	2029	500	2	0,51	68,19	6,80	0,5
0028	300	1	0,28	6,33	12,06	1,0	2039	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0
1002	480	1	0,28	17,23	7,09	5,0	2040	500	1	0,44	18,06	11,07	0,5
1005	300	4	0,76	180,17	4,60	0,5	2041	500	1	0,28	5,74	22,17	1,0
1006	300	4	0,51	79,71	6,98	1,0	2042	500	1	0,35	16,65	9,56	1,0
1041	300	7	0,64	184,03	6,63	0,5	2045	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0
2047	500	1	0,49	29,81	3,92	0,5	3029	500	2	0,51	68,19	6,80	0,5
2052	500	3	0,54	108,35	6,80	0,5	3043	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0
2062	500	1	0,28	5,13	24,81	1,0	3044	500	1	0,44	18,06	11,07	0,5
2063	500	1	0,44	18,25	10,96	0,5	3045	500	1	0,28	5,74	22,17	1,0
2065	500	1	0,28	16,28	7,82	0,5	3046	500	1	0,35	16,65	9,56	1,0
2067	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0	3049	500	1	0,28	7,27	17,51	1,0

Произведенные расчеты позволяют утверждать, что выбор светодиодных источников света для аварийного освещения общеобразовательной школы с соответствующими им техническими параметрами произведен верно, поскольку удовлетворяют требованиям п. 7.6.5 изменения №1 к СП 52.13330.2016, предъявляемым к нормам аварийного освещения [25].

### 3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

#### 3.1 Расчет электрических нагрузок осветительной сети

Начальным этапом проектирования является наиболее точное определение расчетной нагрузки цеха, которое позволяет избежать лишних капиталовложений на этапе строительства и обеспечить нормальное функционирование элементов сети.

Как правило, осветительные щитки следует располагать в центре питаемых нагрузок и после их размещения все светильники делят на группы. При этом всю нагрузку вначале делят равномерно на три части (по числу фаз питающей сети), а затем нагрузку каждой фазы делят на группы. Например, для щита 1ЩО1 блока А первого этажа нагрузка фазы А составит 2,802 кВт (гр. 1, 4, 7), нагрузка фазы В – 2,804 кВт (гр. 2, 5, 11), фазы С – 2,793 кВт (гр. 3, 6, 8, 9, 10).

Распределение нагрузки каждого щита освещения на группы представлено в таблице В.1.

Определим расчетный ток для группы №7 (приложение А) щита освещения 1ЩО1, находящегося на 1 этаже блока А общеобразовательной школы. Обратим внимание на то, что установленная групповая мощность складывается из всех осветительных приборов, отнесенных к данной группе, в том числе светильников, устанавливаемых в учебных классах школы.

Нагрев проводников обуславливается расчетным током однофазной групповой линии №7 и определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos \varphi} = \frac{P_{уст} \cdot K_c}{U_\phi \cdot \cos \varphi} = \frac{400 \cdot 0,95}{220 \cdot 0,85} = 1,98 \text{ А, где}$$

$P_p$  – активная расчетная мощность групповой линии, Вт;

$P_{уст}$  – установленная мощность группы №7 рабочего освещения,

$P_{уст} = 400$  Вт поскольку группа №7 предназначена для освещения помещения

№1084, где необходимая освещенность обеспечивается 8<sup>ю</sup> светильниками Diora Office SE 50/5000 opal с установленной мощностью 50 Вт;

$K_c$  – коэффициент спроса, учитывающий одновременность горения источников света, для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов принимается  $K_c = 0,95$  о.е, для аварийного освещения  $K_c = 1$  о.е [33];

$U_\phi$  – фазное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности нагрузки, согласно таблице 9  $\cos \varphi = 0,85$  о.е.

По аналогии определим все электрические нагрузки осветительной сети. Результаты расчетов отражены в сводной таблице В.1.

## **3.2 Выбор электрических проводников**

### **3.2.1 Выбор способа прокладки и материала проводника**

В соответствии с п. 7.1.31 и 7.1.34 ПУЭ (издание 7) [24], электрическую проводку в зданиях следует выполнять проводами с медными жилами, причем согласно таблице 7.1.1 ПУЭ (издание 7) и таблице 15.3 СП 256.1325800.2016 наименьшее допустимое сечение провода для групповых сетей составляет 1,5 мм<sup>2</sup> [11].

Не менее важным является то, согласно ПУЭ (издание 7), в однофазных линиях сечения фазных и нулевых проводников должны быть одинаковыми, следовательно минимально допустимое сечение составляет 1,5 мм<sup>2</sup> [24].

Стоит отметить, что согласно п 7.1.36 ПУЭ (издание 7) линии групповой сети, прокладываемые от групповых и этажных щитков до светильников общего освещения должны выполняться трехпроводными (фазный – L, нулевой рабочий – N и нулевой защитный – РЕ проводники).

В соответствии с п 7.1.38 и п. 6.2.12 ПУЭ (издание 7), прокладку электрических сетей за подвесными потолками следует выполнять в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах проводниками, не распространяющими горение.

Как правило, при отсутствии необходимости прокладки кабеля в условиях агрессивной окружающей среды предпочтение отдается гофрированным трубам, легко поддающимся изгибам в необходимом направлении, не теряя при этом своих свойств. Гофрированные трубы можно разделить на три основных типа: поливинилхлоридные (ПВХ), полиэтиленовые низкого давления (ПНД), а также металлоорукава.

Необходимо обратить внимание, на то, что трубы из ПВХ не распространяют горение и являются самозатухающими, что выделяет их среди множества материалов для использования на объектах, предназначенных для пребывания большого количества людей, однако ограничиваются условиями морозостойкости (до  $-15^{\circ}\text{C}$ ), в связи с чем используются только для внутренней электропроводки. Гофрированные трубы ПНД, наоборот, применяются при прокладке на улице и отличаются стойкостью к морозам (до  $-45^{\circ}\text{C}$ ). В то время, как осуществление качественного монтажа и эксплуатации металлоорукавов влечет очевидное увеличение стоимости работ и материалов, и, помимо этого металлические трубы подвержены коррозии и нуждаются в защитном заземлении. На основании обзора основных характеристик труб, применяемых для электрической проводки и нашедших наиболее широкое применение, выбираем к применению ПВХ гофротрубы.

На основании п 7.1.38 и п. 6.2.12 ПУЭ (издание 7), помимо негорючего материала гофрированной трубы не менее важным является выбор электрических проводников, не распространяющих горение [24].

Рассмотрим наиболее распространенные материалы изоляции. Самым распространенным материалом изоляции жил снова является ПВХ, отличающийся низкой пожарной опасностью и сравнительно высокой долговечностью в щадящих условиях, однако существует достаточно весомый недостаток – присутствует токсичность продуктов горения. Следующим по популярности является материал изоляции ПНД (полиэтилен) – самый стойкий к воздействию внешних факторов материал, однако имеющий высокую пожарную опасность. Отдельно стоит отметить материал на основе

безгалогенновой полимерной композиции (БПК), являющийся одним из новейших нетоксичных материалов, не содержащих хлор, но по сравнению с поливинилхлоридной изоляцией имеющий большую степень выделения тепла при горении.

На основании вышесказанного, для подвода питания рабочего и аварийного освещения используем ПВХ гофротрубы и силовые кабели с изоляцией из полимерных композиций не распространяющих горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении ППГнг(А)-HF и ППГнг(А)-FRHR, соответственно. Стоит отметить, что доступны модификации кабеля, имеющие сечение от 1,5 мм<sup>2</sup> до 16 мм<sup>2</sup>.

### **3.2.2 Выбор сечений проводников и защитных аппаратов**

Хотелось бы отметить, что выбор сечения провода меньше требуемого – самый опасный случай, поскольку может привести к порче электрооборудования, пожару, поражению людей электрическим током. Если же сечение больше требуемого, то такой вариант экономически не целесообразен, а также имеет место быть потерям напряжения.

Произведем выбор сечений проводников по допустимому нагреву с последующей проверкой на механическую прочность и согласование с защитными аппаратами [34].

Рассмотрим пример выбора сечения групповой линии №7 щита рабочего освещения 1ЩО1 установленного на 1 этаже блока А общеобразовательной школы. В связи с тем, что минимальное сечение проводника с медными жилами для линий групповых сетей освещения составляет 1,5 мм<sup>2</sup>, предварительно выберем силовой кабель ППГнг(А)-HF (3x1,5) с допустимой токовой нагрузкой 21 А при прокладке в воздухе [35] .

Сечения проводников осветительной сети по нагреву выбирается по длительно допустимому току  $I_{\text{доп}}$  в зависимости от величины  $I_p$  по условию:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{п}}}, \quad I_{\text{доп}} = 21 \text{ А} \geq 1,98 \text{ А} = \frac{1,98}{1} = \frac{I_p}{K_{\text{п}}}, \text{ где}$$

$I_p$  – рабочий (расчетный) ток линии, А;

$I_{\text{доп}}$  – длительно допустимый ток для выбранной марки проводника, А;

$K_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент на фактические условия прокладки проводов и кабелей, для сетей до 1 кВ  $K_{\text{п}} = K_1 \cdot K_2$ , где

$K_1, K_2$  – коэффициенты, учитывающие фактическую температуру окружающей среды и количество совместно проложенных проводников, соответственно.

Согласно гл. 1.3 ПУЭ (издание 7) при прокладке одного кабеля при температуре воздуха не выше  $25^\circ\text{C}$   $K_{\text{п}} = 1$  о.е. [24].

Поскольку ток групповой линии №7 щита 1ЩО1 больше допустимой токовой нагрузки ППГнг(А)-HF (3x1,5) –  $I_{\text{доп}} = 21 \text{ А} \geq 1,98 \text{ А} = I_p$  – условие выполняется.

Достаточная механическая прочность проводников необходима, чтобы во время эксплуатации и монтажа не было чрезмерного провисания или обрывов проводов. Наименьшие допустимые сечения проводников по механической прочности составляют: для медных проводов  $1 \text{ мм}^2$ , алюминиевых  $2,5 \text{ мм}^2$  [36]. Однако, согласно таблице 7.1.1 ПУЭ (издание 7) и таблице 15.3 СП 256.1325800.2016 наименьшее допустимое сечение провода для групповых сетей составляет  $1,5 \text{ мм}^2$  [24, 11].  $F = 1,5 \text{ мм}^2 \geq 1,5 \text{ мм}^2$  – условие выполняется.

Согласно п. 6.2.9 и п. 6.2.11 ПУЭ (издание 7) [24], линии групповой сети внутреннего освещения должны быть защищены автоматическими выключателями. Выберем автоматический выключатель для защиты

групповой линии №7 1ЩО1 и произведем проверку силового кабеля ППГнг(А)-HF (3x1,5) по току КЗ аппарата защиты.

Номинальный ток автомата выбираем по условию:

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,98 \text{ А} = I_{\text{дл}}, \text{ где}$$

$I_{\text{дл}}$  – длительный максимальный рабочий ток групповой линии, для группы №7 щита рабочего освещения 1ЩО1  $I_{\text{дл}} = 1,98 \text{ А}$ .

Стоит отметить, что выбор номинального тока и характеристики срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя производим с учетом потенциальной возможности увеличения осветительной нагрузки и с точки зрения экономической целесообразности и доступности защитного аппарата.

Принимаем к установке однофазный автоматический выключатель типа ВА 47-29, предназначенный для защиты групповых цепей, с номинальным током 10 А и характеристикой срабатывания «С», что соответствует кратности тока срабатывания в диапазоне (5÷10) [37]. Выбор номинального тока аппарата защиты и характеристика срабатывания производились с учетом возможного расширения нагрузки и из с соображений экономической целесообразности.

Произведем проверку проводника ППГнг(А)-HF (3x1,5) для групповой линии №7 щита 1ЩО1 по условию согласования с аппаратом защиты:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{\text{прокл}}} = \frac{I_{\text{н.расц}} \cdot K_3}{K_{\text{прокл}}}, \text{ где}$$

$K_3$  – коэффициент защиты (кратность защиты), т.е. отношение длительно допустимого тока для провода или кабеля к номинальному току или току уставки срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ, определяется по таблице 13, составленной на основе глав 3.1.9-3.1.12 ПУЭ7, о.е. [38];

$I_3$  – номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, принимается согласно таблице 13.

Таблица 13 – Выбор уставки срабатывания защитного аппарата

Тип защитного аппарата и значения принимаемого тока защиты $I_3$	Коэффициент защиты $K_3$ или кратность длительно допустимого тока для сетей	
	Взрыво- и пожароопасные помещения	
Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратной зависимостью от тока характеристикой, $I_3 = I_{н.расц}$	Да	Нет
		1,0

Поскольку ток групповой линии №7 щита 1ЩО1 больше допустимой токовой нагрузки ППГнг(А)-НФ (3х1,5) –  $I_{доп} = 21 \text{ А} \geq 1,98 \text{ А} = I_p$  – условие выполняется.

Тогда, условие согласования допустимой токовой нагрузки провода ППГнг(А)-НФ (3х1,5) с током КЗ защитного аппарата определяется согласно:

$$I_{доп} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{прокл}} = \frac{I_{н.расц} \cdot K_3}{K_{прокл}},$$

$$21 \text{ А} \geq \frac{10 \cdot 1}{1} \rightarrow I_{доп} = 21 \text{ А} \geq 10 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Тогда, принимаем к установке кабель ППГнг(А)-НФ (3х1,5) с 3 медными жилами сечением 1,5 мм<sup>2</sup> в качестве кабеля групповой линии №7 щита рабочего освещения 1ЩО1 установленного на 1 этаже блока А.

Для определения минимального значения диаметра электротехнической трубы для прокладки одного кабеля воспользуемся упрощенным выражением, подходящим для I группы сложности прокладки (таблица 14):

$$d_{вн} \geq 1,65 \cdot d_{каб} \rightarrow d_{вн} \geq 1,65 \cdot 9,4 \rightarrow d_{вн} \geq 15,5 \text{ мм}, \text{ где}$$

$d_{вн}$  – внутренний диаметр ПВХ гофротрубы, мм;

$d_{каб}$  – наружный диаметр кабеля, для ППГнг(А)-НФ (3х1,5)  $d_{каб} = 9,4 \text{ мм}$ .

Таблица 14 – Группы сложности прокладки

Тип участков	№ группы	Группа 1 (1,65)	Группа 2 (1,4)	Группа 3 (1,25)
Прямые участки		100 м	75 м	50 м
Участки с 1 <sup>м</sup> поворотом 90° или 2 <sup>мя</sup> большими углами		75 м	50 м	30 м
Участки с 2 <sup>мя</sup> углами 90° или 3 <sup>мя</sup> большими углами		50 м	30 м	20 м
Участки с 3 <sup>мя</sup> углами 90° или 3 <sup>мя</sup> большими углами		40 м	–	–
Участки с 4 <sup>мя</sup> углами 90° или 5 <sup>ю</sup> большими углами		30 м	20 м	10 м

Выбираем электротехническую гофрированную трубу из ПВХ с номинальным наружным диаметром 25 мм, внутренний диаметр которой составляет 19,1 мм [39]. Тогда,  $d_{\text{вн}} \geq 1,65 \cdot d_{\text{каб}} \rightarrow 19,1 \geq 15,5 \text{ мм}$  – условие выполняется.

По аналогии произведем выбор проводников и аппаратов защиты групповых линий, а также электротехнических гофрированных труб из ПВХ для всех щитов рабочего и аварийного освещения. Результаты расчетов представлены в сводной таблице Г.1.

Необходимо обратить внимание на то, что светильники аварийного исполнения подключаются к питанию по четырехпроводной схеме включения - рисунок 17 [40]. Иными словами, при нормальном режиме светильник включен за счет источника питания, в то время как блок аварийного питания заряжается.

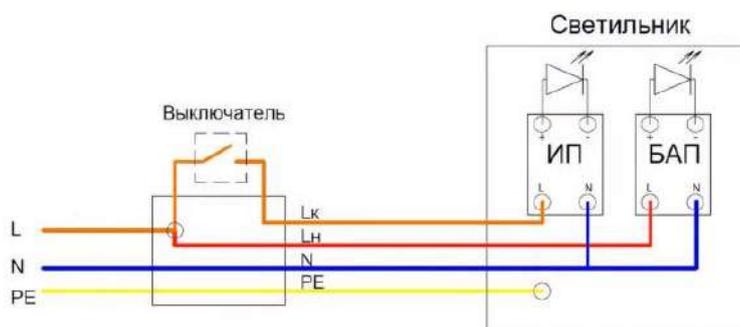


Рисунок 17 – Схема включения аварийного освещения, где

L – фазный проводник (фаза), N – нейтральный проводник (нейтраль), PE – защитный проводник (заземление), L<sub>к</sub> – коммутируемый фазный проводник, L<sub>н</sub> – некоммутируемый фазный проводник

Следовательно, при включении рабочего освещения группы контакт «Выключатель» замыкается и светильник подключен к источнику питания, однако при потере напряжения в щитке освещения в осветительный прибор подается сигнал переключения на работу от аккумуляторной батареи. Таким образом, при отсутствии напряжения в сети светильник все равно будет функционировать в условиях аварийной ситуации.

Технические характеристики выбранных кабелей ППГнг(А)-HF (3x1,5) и ППГнг(А)-FRHF (4x1,5) представлены в таблице 15 [35, 41].

Таблица 15 – Технические характеристики кабелей и их маркировка

Характеристика	Марка	ППГнг(А)-HF (3x1,5)	ППГнг(А)-FRHF (4x1,5)
Количество жил		3	4
Сечение жилы, мм <sup>2</sup>		1,5	1,5
Материал жилы		Медь	Медь
Материал изоляции/оболочки		БПК	БПК
Максимальный наружный диаметр, мм		9,4	14,8
Допустимая токовая нагрузка при прокладке в воздухе, А		21	21
Номинальное переменное напряжение, кВ		1	1
Класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012		П16.8.1.2.1	П16.7.1.2.1
Низкая токсичность продуктов горения		Да	Да
Максимальная/минимальная температура эксплуатации, °С		50 / - 50	50 / - 50
Максимальная мощность при прокладке в воздухе, 220В, кВт		6,16	6,16
<b>Расшифровка маркировки кабелей ППГнг(А)-HF) и ППГнг(А)-FRHF</b>			
П – изоляция из безгалогенного термопластичного полимерного композита			
П – оболочка из полимера, не содержащего галогенов			
Г – не имеет брони			
нг – пониженная пожарная опасность			
(А) – категория пожарной безопасности			
FR – сохраняет работоспособность под открытым огнем			
HF – не выделяет коррозионно-активных газообразных продуктов при горении			

### 3.3 Выбор коммутирующей аппаратуры

В связи с тем, что управление освещением обеспечивается не только по месту, но и дистанционно, необходимо выбрать промежуточный элемент, который бы связывал слаботочные выходы контроллера и силовую цепь. В роли данного элемента принимаем к установке получившее широкое распространение и популярность реле Finder 24 В постоянного тока с двумя перекидными контактами – рисунок 18 [42].



Рисунок 18 – Внешний вид электромагнитного реле Finder 24 В

Конструкция реле представляет собой статичную электромагнитную катушку, внутри которой находится якорь. Так, при подаче напряжения на ее обмотку образуется магнитное поле, притягивающее якорь, вследствие чего контактная группа переходит из нормально разомкнутого в замкнутое положение. В данной работе посредством замыкания силовых контактов реле подается питание на контактор, применяемый в сетях переменного тока, который, в свою очередь, замыкая свои силовые контакты включает освещение определенной группы. Технические характеристики устройства представлены в таблице 16 [42].

Таблица 16 – Технические характеристики реле Finder

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	24 DC
Количество контактов, шт.	2 перекидных
Номинальный ток, А	8
Номинальное/максимальное коммутируемое напряжение, В	250 / 400
Механическая износостойкость при переменном токе коммутационных циклов	$10 \cdot 10^6$
Номинальная нагрузка для AC1 (Резистивная или слабоиндуктивная нагрузка переменного тока.), Вт	2000
Номинальная нагрузка (230В~) AC15 (Контроль малых электромеханических нагрузок (>72 ВА), контакторов мощности, магнитных соленоидальных клапанов и электромагнитов переменного тока), Вт	400
Минимальная нагрузка на переключение, Вт	0,300
Масса, г	60
Рабочая температура, °С	- 40 ÷ 70

Для частых коммутаций электрических сетей используют контакторы и магнитные пускатели. Оба устройства выполняют одну и ту же функцию и работают по одному принципу, однако магнитный пускатель фактически является модифицированным контактором.

Первым существенным отличием являются габаритные размеры. Например, трехполюсный контактор на 100 А намного тяжелее пускателя с такими же характеристиками. Причем минимальный коммутируемый ток контактора составляет 20 А, поэтому для коммутации слаботочных цепей используют пускатели.

Второе различие состоит в конструкции. Контактор не имеет собственного корпуса, а пары силовых контактов оснащены дугогасительными камерами. В то время, как силовые контакты пускателя не имеют дугогасительных камер и находятся под пластиковым корпусом. Поэтому, в составе мощных цепей с частыми коммутациями не используют пускатели из опасения, что их контакты менее защищены от часто возникающей электрической дуги, чем у контакторов.

Третье различие заключается в их прямом назначении. Несмотря на то, что пускатели часто применяют для подачи электропитания на различные мощные светильники, обогреватели и прочие электроприемники, основное их назначение – запуск асинхронных трехфазных двигателей. Именно поэтому любой пускатель имеет 3 пары силовых контактов и одну пару контактов управления, в то время как контактор предназначен для коммутации абсолютно любой силовой цепи переменного тока, следовательно количество полюсов (пар силовых контактов) бывает разным – от двух до четырех.

В данной работе необходимо устройство для автоматизации и управления системой освещения, обеспечивающее частую коммутацию силовых цепей (минимум 2 раза в 10 минут) с однофазной нагрузкой, причем потребность в высокой степени защищенности от воздействия внешних факторов отсутствует. На основании этого принимаем к установке модульный однополюсный контактор с двумя нормально разомкнутыми контактами KM20-20M – рисунок 19, с минимальным номинальным током из линейки производителя – 20 А [43].



Рисунок 19 – Внешний вид модульного контактора KM20-20M AC

Обратим внимание на то, что номинальный ток контактора не должен быть меньше расчетных токовых нагрузок групп освещения ( $I_{\max \text{ гр}}=5,37 \text{ А}$ ) и в рекомендательных целях должен выбираться с небольшим резервом по току. Технические характеристики КМ20-20М представлены в таблице 17 [43].

Таблица 17 – Технические характеристики КМ20-20М

Характеристика	Значение
Номинальный рабочий коммутируемый ток, А	20
Количество нормально открытых контактов, шт	2
Номинальное рабочее напряжение, В	230
Номинальное напряжение катушки управления, В	230
Механическая износостойкость, коммутационных циклов	$10^6$
Условный тепловой ток на открытом воздухе, А	20
Потребляемая мощность катушки в режиме включения не более, ВА	14,0
Потребляемая мощность катушки в режиме удержания не более, ВА	4,5
Номинальный условный ток короткого замыкания, кА	3
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ	4

Принцип действия: при подаче напряжения на катушку через нее начинает протекать ток, индуцирующий магнитное поле, под воздействием которого якорь притягивается к металлическому сердечнику, а закрепленные на якоре подвижные контакты замыкаются с неподвижными, замыкая таким образом силовую цепь. При снятии напряжения отброс группы подвижных контактов под действием возвратной пружины вызовет размыкание главных контактов контактора и, соответственно размыкание цепи питания осветительной нагрузки.

#### **4. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ С ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ**

Лестничные пролеты, коридоры, тамбуры и прочие коммуникационные и вспомогательные помещения характеризуются непостоянным пребыванием людей и низким уровнем естественного освещения. Использование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения позволяет значительно снизить энергозатраты для такого типа помещений, поскольку освещение будет использоваться только в те моменты времени, когда это необходимо.

Реализацию энергосберегающего режима освещения предлагается построить на базе автоматического управления рабочим и аварийным освещением с системой диспетчеризации, с целью обеспечения постоянного мониторинга системы, отсутствия необходимости для персонала на каждом этаже здания использовать управление выключателями по месту и возможности дистанционного управления освещением.

В рамках диссертации, система диспетчеризации инженерных систем обеспечивает для отдельных групповых линий рабочего и аварийного освещения:

- дистанционное управление и контроль состояния (вкл/выкл);
- автоматическое управление рабочим освещением лестничных клеток в зависимости от времени суток;
- автоматическое отключение рабочего освещения коридоров при звонке на занятия и включение при звонке на перемену;
- автоматическое управление аварийным освещением в зависимости от рабочего графика учреждения.

Для групповых линий рабочего освещения предусматривается дистанционное управление с осветительных щитов, дистанционное управление из систем диспетчеризации, а также управление кнопками по месту.

Для групповых линий аварийного освещения предусматривается дистанционное управление с осветительных щитов и из системы диспетчеризации.

#### **4.1 Архитектура автоматизированной системы**

Архитектура автоматизированной системы – это наиболее абстрактное ее представление, которое включает в себя идеализированные модели компонентов системы, а также модели взаимодействия между этими компонентами (элементами). Элементы архитектуры находятся во взаимосвязи, образуя единую автоматизированную систему и обеспечивая решение поставленной задачи автоматизации и, в нашем случае, диспетчеризации на архитектурном уровне. В то же время архитектура оставляет достаточно свободы для выбора конкретных технических решений, поэтому правильно спроектированная архитектура допускает множество технических реализаций путем выбора различных компонентов архитектуры и методов взаимодействия между ними.

Рассмотрим структурную схему комплекса технических средств диспетчеризации системы освещения общеобразовательной школы – рисунок 20.

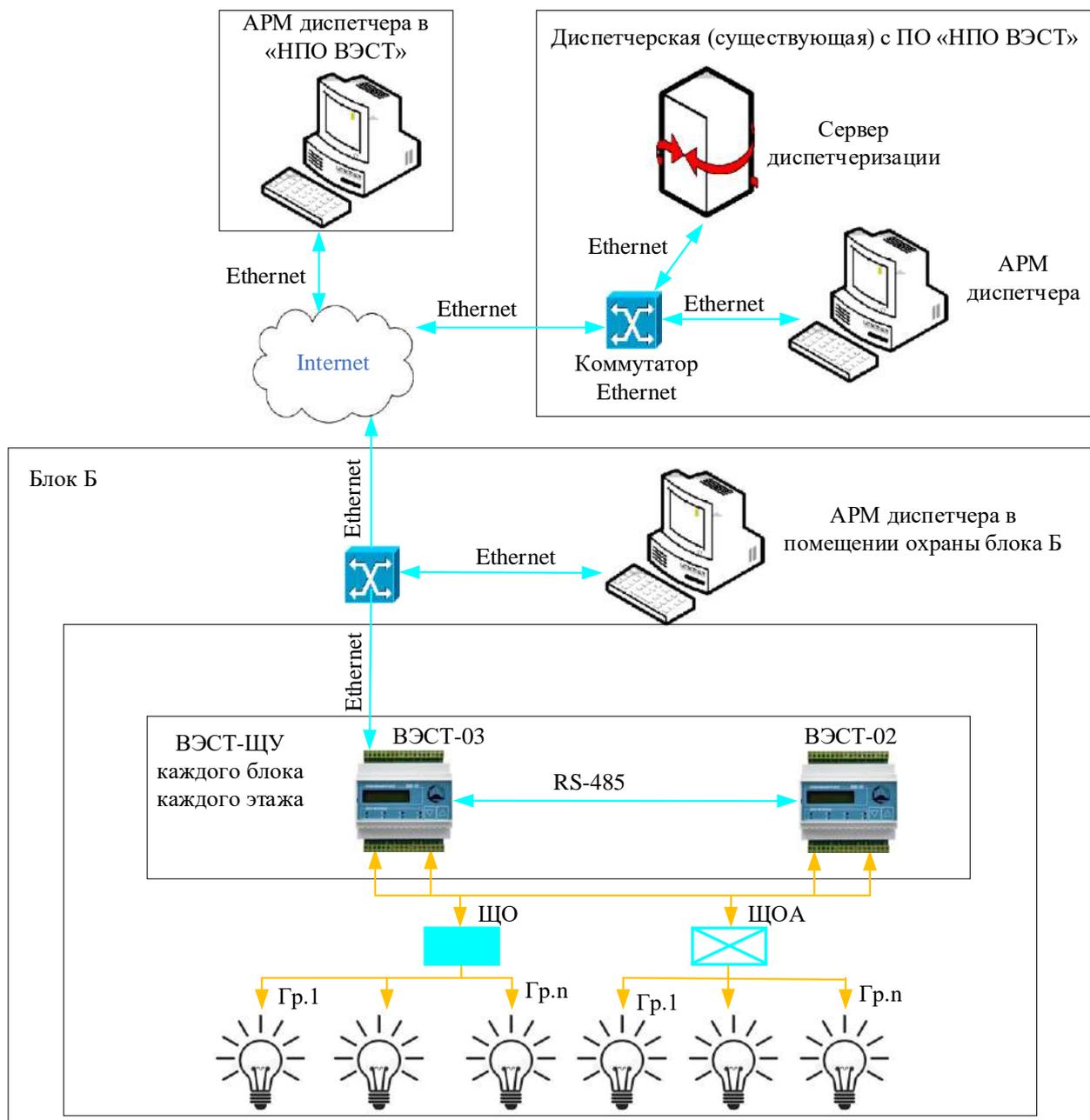


Рисунок 20 - Структура схем связей комплекса технических средств

Технические средства, представленные на рисунке 20:

АРМ диспетчера – в качестве АРМ может использоваться любой ПК, который подключен к локальной сети (в нашем случае посредством Ethernet порта) и у которого есть веб-браузер для просмотра мнемосхемы в реальном времени, поскольку SCADA-система реализована в веб-сервере. Автоматизированных рабочих мест диспетчера может быть как один, так и несколько, если к ним прописан доступ для авторизации. На рисунке 20

рабочие места представлены для диспетчера в ООО «НПО ВЭСТ», дежурного в помещении охраны блока Б и существующей диспетчерской школы. Стоит отметить, что доступ к дистанционному управлению состоянием для групповых линий рабочего освещения из системы диспетчеризации есть только на тех рабочих местах, где авторизация выполнена таким работником, права которого прописаны в сервере и разрешают ему загрузить мнемосхему управления – в данной работе таким пользователем выступает дежурный в помещении охраны блока Б и работник «НПО ВЭСТ» (при предоставлении ему доступа).

Сервер-диспетчеризации – компьютер в школе, у которого есть Ethernet порт, web сервер и база данных, задача которого заключается в выполнении служб, прописанных в программном обеспечении сервера. Основополагающими являются 2 программы и сопутствующие им 3 службы:

1. программа, включающая определенные группы освещения по расписанию школы:

- службы поддерживают и Modbus протокол и язык базы данных SQL, поэтому 1 служба – «сработало» расписание – изменяет содержание базы данных, 2 служба Modbus протокола – проверяет 10 раз в секунду содержание базы данных, если что-то изменилось то отправляет запрос на запись регистра по Modbus протоколу через сеть контроллеру ВЭСТ-03, в то время, как микропроцессор 10 раз в 1 секунду проверяет состояние регистров, и, при записи в регистр логической 1 или 0 подает сигнал на соответствующий порт ввода/вывода;

2. программа, осуществляющая отображение на мнемосхеме web-браузера состояние групп освещения в реальном времени:

- при «срабатывании» расписания школы – 1 служба по расписанию изменяет содержание базы данных сервера, в следствие чего изменяется состояние ламп на мнемосхеме в web-браузере АРМ диспетчера;

- при изменении состояния световых приборов по месту – контроллер фиксирует появление сигнала на порте входа, который привязан к регистру посредством ПО процессора, и 3 служба Modbus протокола проверяет состояние регистров, и если состояние регистра изменилось, то изменяет содержание базы данных SQL, что позволяет на экране АРМ видеть состояние групп освещения.

В web сервере реализована визуализация – SCADA-система, построенная на программном обеспечении «НПО ВЭСТ», что функционально и визуально повторяет программный комплекс TRASE MODE, организованный по такой же технологии – нарисованы динамические мнемосхемы, привязанные к регистрам, которые взяты из протокола Modbus и связаны с определенными портами контроллеров.

Internet – глобальная сеть необходимая для того, чтобы в случае возникновения не штатной ситуации, связанной с некорректной работой оборудования, с диспетчерской НПО ВЭСТ представлялось возможным произвести техническое обслуживание через web сервер. В качестве внешнего Internet могут выступать различные роутеры, Wi-Fi, сотовые телефоны и многое другое.

Ethernet – технология, используемая для подключения устройств в проводной локальной и глобальной сетях, позволяющая им обмениваться данными друг с другом через протокол, в нашем случае, через протокол Modbus RTU. Кабель Ethernet представляет физически замкнутую проводку, по которой проходят данные.

ВЭСТ-03 (интернет-коммуникатор) – контроллер, предназначенный для создания систем управления малыми и средними объектами, в том числе системой диспетчеризации и эксклюзивными системами автоматизации, посредством запрограммированного сценария на web платформе.

ВЭСТ-03 выступает в роли slave-устройства для сервера диспетчеризации и в роли master-устройства для ВЭСТ-02, и принимает команды, поступающие с сервера посредством локальной и глобальной сетей,

и, согласно запрограммированному сценарию, делает из принятой команды событие – вкл/выкл определенных групп освещения, а также формирует ответ master-устройству (серверу) по Modbus RTU протоколу. В случае, если на ВЭСТ-03 поступают команды с сервера диспетчеризации и в запросе в поле адреса slave-устройства указан адрес не контроллера ВЭСТ-03, тогда он является ретранслятором и пересылает данный запрос через последовательный интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU контроллеру ВЭСТ-02, применяемый в качестве модуля расширения, за счет которого при необходимости набирается нужное количество точек освещения.

Технические характеристики и схемы расположения клеммных соединителей программируемых логических контроллеров ВЭСТ-02 и ВЭСТ-03 представлены в таблице 18 и рисунках 21, 22, соответственно [44].

Таблица 18 – Технические характеристики ВЭСТ-03 и ВЭСТ-02

Характеристика	Значение
<b>ВЭСТ-03</b>	
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В	6-12
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
Количество аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	12
Количество симисторных выходов	4
Количество аналоговых выходов	2
Количество дискретных выходов	11
Тип интерфейса связи	Ethernet, RS-232, RS-485
<b>ВЭСТ-02</b>	
Напряжение питания переменного тока, В, (Номинальное напряжение)	187-242 (220)
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
Количество аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	5
Количество симисторных выходов	6
Количество аналоговых выходов 0-10 В	2
Количество дискретных выходов с возможностью формирования ШИМ	2
Тип интерфейса связи	RS-232, RS-485

36	D14		L	18
35	D13			17
34	D12	N		16
33	D11	D05		15
32	D10	L45		14
31	A17	D04		13
30	A16	D03		12
29	A15	L23		11
28	A14	D02		10
27	A13	D01		9
26	A12	L01		8
25	A11	D00		7
24	A10	RS-232 Rx		6
23	GND	RS-232 Tx		5
22	RWM3 0-10	GND		4
21	RWM2	RS-485 B		3
20	RWM1 0-10	RS-485 A		2
19	RWM0	+3.3 V		1

Рисунок 21 – Схемы расположения клеммных соединителей ВЭСТ-02

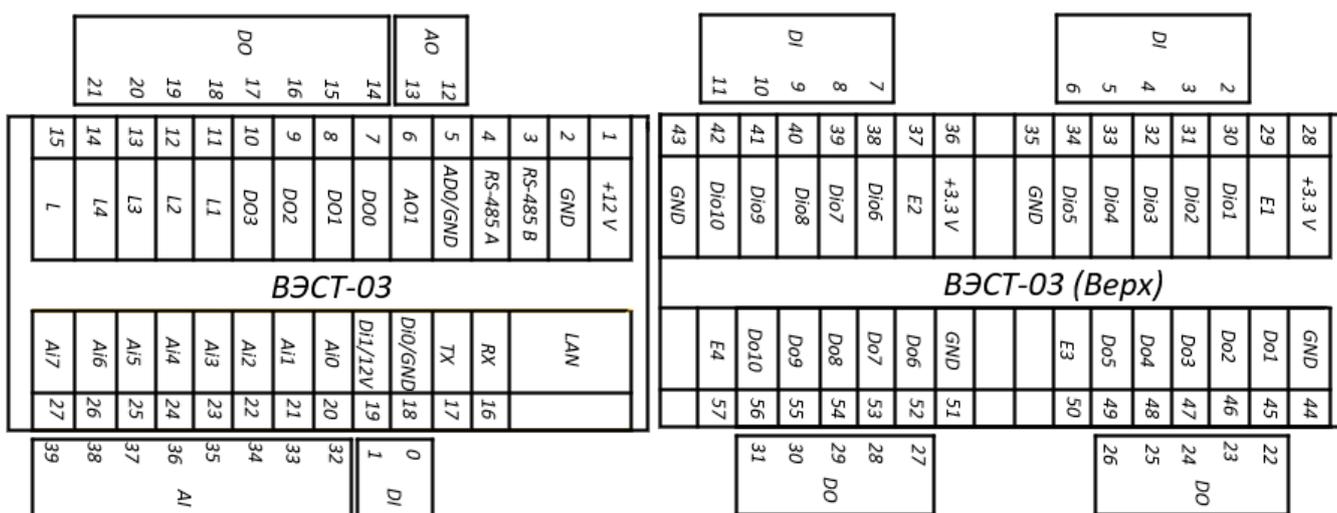


Рисунок 22 – Схемы расположения клеммных соединителей ВЭСТ-03

## 4.2 Коммуникационный протокол Modbus

Modbus – коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий-ведомый (master-slave), который использует для передачи данных интерфейсы RS-485, RS-422, RS-232, а также Ethernet сети TCP/IP.

Стек протоколов TCP/IP – сетевая модель передачи данных в цифровом виде, которая описывает способ передачи данных от источника информации к получателю.

Смысл технологии TCP/IP заключается в том, чтобы объединить самые разные сети. Данная технология работает поверх любых сетей связи со своими протоколами и объединяет все это во едино. Сам TCP/IP как технология не передает непосредственно данные, она пользуется той технологией передачи,

поверх которой она находится – фрагментирует пакеты данных под технологию передачи. В данной работе пакеты данных передаются по Modbus RTU протоколу в связи с тем, что контроллер ВЭСТ-02 оснащен интерфейсом связи RS-485, что подразумевает использование только Modbus RTU протокола. Причем сервер отправляет TCP/IP пакеты, в которых лежит пакет Modbus RTU, через Ethernet порт на ВЭСТ-03, контроллер ВЭСТ-03 проверяет по контрольной сумме что в TCP/IP пакете действительно есть пакет Modbus RTU и разворачивает его, и, в случае если указанный адрес slave-устройства не относится к контроллеру ВЭСТ-03, то интернет-коммуникатор отправляет пакет данных в Modbus сеть не производя никаких операций.

Рассмотрим подробнее протокол связи, используемый в предлагаемой системе автоматизации с диспетчеризацией.

Modbus RTU данные пакета передаются в исходном двоичном виде, при этом возникает задача – как принимающей стороне понимать где пакет данных закончился? В этом случае используется простой подход, заключающийся в том, что при приеме очередного байта принимающая сторона начинает отсчитывать время – «тайм-аут» – довольно короткий промежуток времени, равный  $3^m - 4^m$  периодам передачи одного байта ( $(3 \div 4) \cdot 0,75 = 2,25 \div 3$  мс) и если этот промежуток времени истекает до того как принят очередной байт, то принимающая сторона считает, что пакет данных был полностью принят и можно его обрабатывать.

#### 4.2.1 Структура пакета протокола Modbus RTU

Структура пакетов представлена в таблице 19, причем данные пакета протокола Modbus RTU передаются в исходном двоичном виде.

Таблица 19 – Структура пакета данных протокола Modbus RTU

Структура пакета		
Адрес slave-устройства (0...247, т.к. с 248...255 зарезервированы)	PDU (protocol data unit)	Контрольная сумма
1 байт	до 253 байт	2 байта

Структура пакета данных протокола Modbus RTU состоит из трех полей:

- PDU (блок данных протокола) – структура рассмотрена на рисунке 24.
- Адрес slave-устройства – однобайтное поле, которое может быть в диапазоне от 0 до 247. При этом у slave-устройств адрес задается от 1 до 247, поскольку 0 адрес зарезервирован для широковещательных запросов.
- Контрольная сумма – это 16-битное поле, контролирующее целостность пакета. Отличается надежностью и сложностью алгоритма.

Перед тем, как перейти к разбору структуры PDU рассмотрим каким образом Modbus-master устройство взаимодействует с Modbus-slave устройствами.

С точки зрения протокола Modbus, у каждого slave-устройства есть несколько диапазонов с регистрами – 2 диапазона дискретных регистров (однобитных) и 2 диапазона 16-битных регистров.

4 диапазона терминологии протокола Modbus (рисунок 23):

- регистры «Discrete inputs» - входные дискретные однобитные регистры, которые являются по своему смыслу входами устройства, которые можно только читать и нельзя писать;
- регистры «Coils» - дискретные однобитные регистры, в качестве которых могут быть как выхода устройства, так и внутренние флажки, регистры, которые можно менять по протоколу Modbus, которые можно и читать, и писать;
- по аналогии с дискретными регистрами есть диапазоны «Inputs» и «Holding registers». Соответственно «Inputs» - 16-битные регистры, которые можно только читать и «Holding registers» - 16-битные регистры, которые можно и читать, и писать.

Стоит отметить нумерацию адресных пространств у slave-устройства. Формат пакетов протокола Modbus допускает в каждом поддиапазоне использовать до 65 536 номеров регистров каждого типа. Однако в старых спецификациях и во многих существующих программах используется немного другая адресация – сквозной список адресов через все 4 диапазона

регистров. Например, для «Discrete inputs» выделен диапазон с 10 001 до 19 999, т.е. 9 999 номеров регистров. Получается для того, чтобы указать номер регистра в пакете данных необходимо взять номер регистра согласно документации (10001 - 49999), убрать первую цифру, отвечающую за определения типа регистра (одно/16битный), и отнять 1 в младшем разряде. Например, номер регистра по документации 10063 будет соответствовать номеру регистра дискретного входа, указываемого в пакете, – 0062.



Рисунок 23 – Modbus-регистры slave-устройства

Поскольку известны группы регистров, которые могут быть у slave-устройств, рассмотрим, как при помощи PDU в пакетах запросов протокола Modbus можно взаимодействовать с этими регистрами у slave-устройств.

Блок данных протокола состоит из однобайтного поля «Код функции» и из поля «Данные», которое заполняются в зависимости от выбранной функции. На рисунке 24 приведена структура протокола Modbus, а том числе и функции, которые могут быть использованы для взаимодействия с регистрами slave-устройства.

Код функции 1 байт		Данные (зависят от функции)	
Код функции	Назначение	Содержимое поля данных в запросе	Содержимое поля данных в ответе
01 (0x01)	Чтение битовых регистров Coils	2 байта: стартовый адрес регистра 2 байта: кол-во регистров для чтения	1 байт: кол-во байт (N) N байт: считанные данные (биты упакованы в байты от мл. к ст. биту)
02 (0x02)	Чтение битовых регистров Discrete Inputs		
03 (0x03)	Чтение 16-битных регистров Holding Registers		
04 (0x04)	Чтение 16-битных регистров Inputs		
05 (0x05)	Запись одного битового регистра Coils	2 байта: адрес регистра	2 байта: адрес регистра 2 байта: значение для записи в регистр (0xFF00 / 0x0000 – для битового регистра)
06 (0x06)	Запись одного 16-бит регистра Holding Registers	2 байта: значение для записи в регистр (0xFF00 / 0x0000 – для битового регистра)	
15 (0x0F)	Запись битовых регистров Coils	2 байта: стартовый адрес регистра	2 байта: стартовый адрес регистра 2 байта: кол-во регистров на запись
16 (0x10)	Запись 16-бит регистров Holding Registers	2 байта: кол-во регистров на запись 1 байт: кол-во байт с данными на запись (N) N байт: данные на запись	

Рисунок 24 – Структура блока данных протокола (PDU) Modbus

Первые 4 функции используются для чтения регистров из разных диапазонов – 1 и 2 функции для чтения битовых регистров, 3 и 4 для чтения 16-битных регистров. Отметим, что в запросе с 1 по 4 функцию передается  $2^x$  байтное поле – стартовый адрес регистра (т.е. от 0 до 65 536 или от 10001 до 19999 и т.п.) и  $2^x$  байтное поле, которое задает количество регистров для чтения. В ответе передается 1 байт, который задает количество байт с последующими данными и, соответственно, сами данные. При этом дискретные однобитные значения упаковываются в байты от младшего к старшему, а в случае с 16-битными регистрами передается сначала старший байт, а потом старший.

Следующие две функции - 5 и 6 служат для записи одного регистра – 5<sup>я</sup> функция для записи дискретного регистра, 6<sup>я</sup> для записи 16-битного регистра. При этом формат запроса и ответа одинаковые для 5 и 6 функций. И в случае, если записывается 1 дискретный регистр, то в поле запроса все равно передается 16 бит, причем значение «FF00» в 16-ричном виде задает логическую 1 для этого дискретного регистра, а «0000» в 16-ричном виде задает - логический 0.

Крайние две функции – 15 и 16 служат для записи группы битовых и 16-битовых регистров. Структура запроса – 2 байта стартовых регистров, 2 байта количества регистров на запись, далее 1 байт с количеством байтов с данными на запись, при этом битовые значения так же упаковываются в байты, а неиспользуемые биты в последнем байте заполняются нулями, и последней частью поля запроса являются сами данные. 16-битовые регистры соответственно также заполняются – от старшего к младшему биту. В ответе же повторяются только первые два поля, которые были в запросе – стартовый адрес регистра и количество уже записанных регистров.

Все форматы запросов и ответов, приведенные на рисунке 24 описаны для случая, если slave-устройство успешно выполнило запрос, в противном случае slave-устройство передает master-устройству признак ошибки -рисунок 25.

Код ошибки	Обозначение в спецификации MODBUS	Суть ошибки
01	ILLEGAL FUNCTION	Принятый код функции не может быть обработан
02	ILLEGAL DATA ADDRESS	Адрес регистра, указанный в запросе, недоступен
03	ILLEGAL DATA VALUE	Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной
04	SERVER DEVICE FAILURE	Невосстанавливаемая ошибка имела место, пока ведомое устройство пыталось выполнить затребованное действие
05	ACKNOWLEDGE	Ведомое устройство приняло запрос и обрабатывает его, но это требует много времени. Этот ответ предохраняет ведущее устройство от генерации ошибки тайм-аута
06	SERVER DEVICE BUSY	Ведомое устройство занято обработкой команды. Ведущее устройство должно повторить сообщение позже, когда ведомое освободится
08	MEMORY PARITY ERROR	Ошибка может возникнуть при обработке запросов с файловыми функциями (20-21). Ведомое устройство при чтении расширенной памяти обнаружило ошибку паритета
0A-0B	См. спецификацию	Ошибки от MODBUS-шлюзов

Рисунок 25 – Структура PDU в случае ошибки  
(2 поля – код функции с признаком ошибки и код ошибки)

Код функции, который был в запросе, передается и в ответе, но в случае ошибки, slave-устройство старший бит поля «Код функции» устанавливает в 1, т.е. прибавляет 80 в 16-ричном виде. Следующим байтом в PDU передаются коды ошибок, самые распространенные представлены на рисунке 25, причем используются в подавляющем большинстве первые 3 ошибки.

## 4.2.2 Пример запроса Modbus RTU

Рассмотрим пример запроса Modbus RTU протокола для получения значения о состоянии всех групповых линий рабочего освещения щита 1ЩО1 на основании таблицы 19 и рисунка 24 – таблица 20.

Исходными данными будет являться адрес slave-устройства – 11<sub>dex</sub>.

Для того, чтобы узнать состояние групп освещения, иными словами – состояние реле, подающих управляющее напряжение на контакторы, нужно отправить запрос на чтение регистров, привязанных к портам входа «обратная связь» - порты Dio1-Dio10 - рисунок 22. Для наглядности обратимся к рисункам Д.1, Д.2. Номера регистров в документации соответствуют 30001-30011, следовательно адреса регистров 0000-0010<sub>dex</sub>, или в 16-ричной системе 0000-000A. Стоит отметить, что 8 бит и 16 бит удобно записывать 2<sup>мя</sup> и, соответственно 4<sup>мя</sup> 16-ричными цифрами.

Таблица 20 - Структура пакета запроса о состоянии 10 групп освещения

Адрес slave-устройства (1 байт)	PDU (protocol data unit) (до 253 байт)			Контрольная сумма (2 байта)
	Код функции 1 байт	2 байта: стартовый адрес регистра	2 байта: количество регистров для чтения	
bin				
0001 0001	0000 0010	0000 0000 0000 0000	0000 0000 0000 1010	CRC
hex				
11	04	0000	000A	CRC

Таблица 21 - Структура пакета ответа о состоянии 10 групп освещения

Адрес slave-устройства (1 байт)	PDU (protocol data unit) (до 253 байт)			Контрольная сумма (2 байта)
	Код функции 1 байт	1 байт: кол-во байт (N) = 2 * кол-во регистров	N байт: считанный данные (1 регистр – 2 байта)	
bin				
0001 0001	0000 0010	0001 0100	...	CRC
hex				
11	04	14	00 01 (1 <sup>й</sup> ) ... 00 01 (10 <sup>й</sup> )*	CRC

Примечание: \*Состояние 10 групп освещения – либо 0, либо 1 (00 00<sub>hex</sub> и 00 01<sub>hex</sub>), соответственно.

### 4.3 Интерфейс связи RS-485 и RS-232

Контроллеры ВЭСТ-02 и ВЭСТ-03 поддерживают как интерфейс связи RS-485, так и RS-232.

Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары – двух скрученных проводов. Причем используется полудуплексный режим передачи данных – информация может передаваться в обоих направлениях, но в разное время. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип дифференциальной (балансной) передачи данных – передача одного сигнала по двум проводам: по одному идет оригинальный сигнал, а по другому – его инверсная копия. Таким образом, между двумя проводами витой пары всегда есть разность потенциалов, которой передается сигнал: при «1» она положительна, при «0» – отрицательна. Такой способ передачи обеспечивает высокую устойчивость к синфазной помехе – токи, наводимые в соседних витках вследствие явления электромагнитной индукции, оказываются противоположно направленными, взаимно компенсируя друг друга [46].

В интерфейсе RS-232 используются несимметричные линии и несимметричная передача сигналов – один провод используется для передачи данных, а вторым «проводом» служит земля, что снижает помехозащищенность стандарта от помех. С точки зрения электрических характеристик передаваемых сигналов логический уровень «0» означает напряжение равное или более +3 В, а логический уровень «1» определяется как напряжение равное или более –3 В. Кроме того, RS-232 покрывает меньшее расстояние и имеет меньшую скорость передачи данных. Данный интерфейс связи имеет максимальную длину кабеля 15 м и максимальную скорость передачи 20 Кбит/с, в то время как RS-485 распространяется на расстояние до 1200 м и имеет максимальную скорость передачи данных 1000 Кбит/с.

Передача данных между контроллерами ВЭСТ-03 и ВЭСТ-02 осуществляется по интерфейсу RS-485, который отличается большей

помехозащищенностью и протяженностью, а также более широким распространением и меньшей стоимостью.

#### **4.4 Принцип работы автоматизированной системы освещения с диспетчеризацией**

В программном обеспечении сервера диспетчеризации прописаны несколько служб, одна из которых отвечает за включение и выключение определенных групп освещения согласно расписанию занятий школы.

Рассмотрим принцип работы автоматизированной системы освещения – рисунки Д.1, Д.2.

Для дистанционного управления различными группами освещения с сервера через локальную и глобальную сети по протоколу Modbus RTU отправляется контроллеру ВЭСТ-03 (или ВЭСТ-03, а в последствии и ВЭСТ-02) запрос на запись необходимых регистров, которые в процессоре ПЛК увязаны с определенными дискретными выходами этого контроллера. Причем, каждый дискретный выход контроллера относится к типу «открытый коллектор» (вывод коллектора подвешен в воздухе) – рисунок 26. Выходом с открытым коллектором называется элемент, у которого в выходной цепи применяется транзистор, коллектор которого не подключен ни к какому участку электрической цепи. Кроме того, используется дискретных вход, относящийся к типу «сухой контакт» (релейный контакт). Под «сухим контактом» понимается контакт, который электрически не связан с цепями контролируемого прибора, т.е. гальванически развязан от управляющего сигнала.

Необходимо отметить, что обратный диод защищает транзистор от перенапряжения на выводах коллектора и эмиттера, которое может составлять порядка  $10 \cdot U_{пит} = 240В$ , в противном случае при значительном перенапряжении произойдет пробой полупроводникового ключа. Перенапряжение при отключении напряжения появляется в связи с тем, что при протекании тока через катушку она запасает энергию магнитного поля, а когда цепь

разрывается изменяется ток (снижается), следовательно изменяется магнитный поток, следовательно наводится ЭДС, и, согласно правилу Ленца, ЭДС будет направлена в ту сторону, чтобы поддержать протекающий ток. Иными словами, перенапряжение складывается из суммы напряжения источника питания и ЭДС.

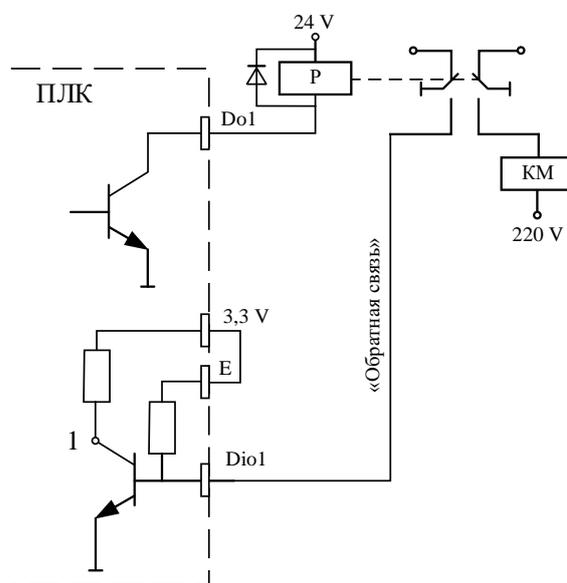


Рисунок 26 – Дискретный выход «открытый коллектор» и вход «сухой контакт» контроллера

После подачи тока на базу транзистора создается путь для протекания тока через база-эмиттерный переход, транзистор открывается и с коллектора в эмиттер течет ток. В качестве промежуточного элемента, связывающего слаботочные выходы контроллера и силовую цепь используем реле Finder постоянного тока с двумя перекидными контактами ( $K_n$  на рисунке Д.1). После открытия транзистора цепь замыкается и ток, проходящий через витки катушки, создает магнитный поток, под действием которого якорь притягивается к сердечнику, при этом замыкая нормально разомкнутые контакты перекидного реле (контакты « $K_n$ » и «Обр. связь» на рисунке Д.1).

При замыкании контакта « $K_n$ » управляющее напряжение подается на катушку модульного контактора КМ20-20М, который, в свою очередь, посредством главных контактов включает осветительную нагрузку соответствующей группы.

При состоянии контакта «Обратная связь» в нормально разомкнутом положении (при отсутствии напряжения на реле) – рисунок 26, внутреннее напряжение контроллера +3,3 В «по умолчанию» подается на базу транзистора, следовательно транзистор находится в открытом состоянии, а большая часть падения напряжения будет на токоограничивающих резисторах и потенциал «0» подтягивается к точке 1. Если в данной точке появится отличное от нуля значение, то программа в микропроцессоре рассчитывает это как «освещение включено».

Соответственно, при замыкании контакта «Обратная связь» ток источника питания +3,3В пойдет по пути наименьшего сопротивления, то есть в обход базы транзистора, что приведет к его закрытию. В таком случае транзистор будет представлять гораздо большее сопротивление, по сравнению с притягивающими резисторами и практически все падение напряжения будет на транзисторе, и, как следствие в точке 1 будет потенциал  $\approx +3,3$ , что даст понять ПЛК о включенном состоянии групповой линии освещения. Иными словами, насыщенное состояние транзистора трактуется как отображение логического «0», а запертое – как логической «1».

Кроме того, в рамках выполняемой работы необходимо обеспечить управление освещением по месту, с этой целью на дискретный вход контроллера, заводится кнопка, соответствующая определенной группе освещения. По аналогии с дискретным входом «Обратная связь» – «по умолчанию» транзистор открыт, что соответствует логическому 0, при нажатии нефиксированной кнопки транзистор закрывается, что определяется контроллером как логическая 1 до тех пор, пока кнопка будет удерживаться в нажатом состоянии.

Иными словами, у ПЛК есть наборы (вход, выход, обратная связь), максимальное количество которых составляет 6 шт. на один контроллер ВЭСТ-02 и 10 шт. на контроллер ВЭСТ-03.

Не менее важным является то, что смена состояния работы светильников возможна как при выполнении службы расписания, так дистанционно с пульта

управления диспетчера, так и благодаря выключателям по месту, при этом между данными источниками управляющего сигнала может возникнуть конфликт. Во избежание этого алгоритм работы подразумевает включение и выключение освещения по последнему событию.

#### 4.4.1 Soft logic

Для понимания алгоритма работы на уровне программируемой логики (soft logic) рассмотрим программу для контроллеров школы, реализованную в программном комплексе «АКИАР» на языке функциональных блоковых диаграмм (FBD) - рисунок 27. На рисунке представлена конфигурация пользовательской логики для 10 групп освещения.

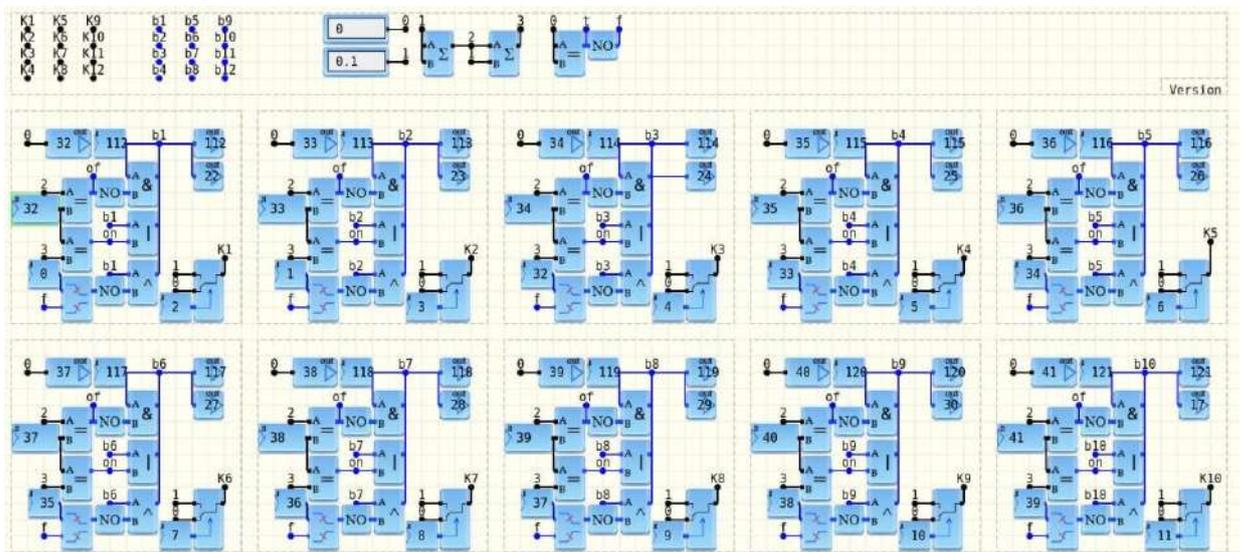


Рисунок 27 – Конфигурация программируемой логики для контроллеров

Рассмотрим более детально логику, построенную на логических элементах (ЛЭ) и таблицу истинности блока №8 – рисунок 28.

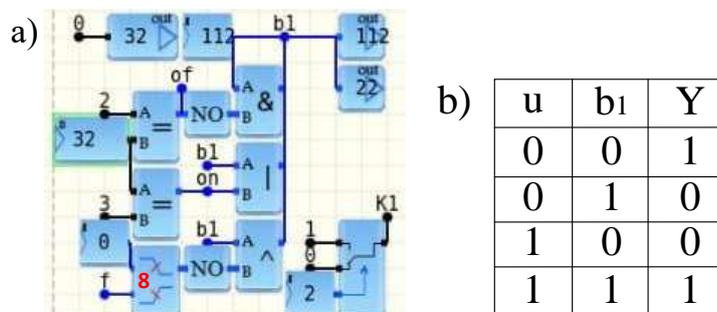


Рисунок 28 – а) программируемая логика для одной группы освещения, б) таблица истинности для ЛЭ (8) «ИСКЛ.ИЛИ-НЕ»

Для начала стоит заметить, что буквы голубого цвета представляют собой состояния решения – булевы переменные, в то время как черные представляют собой результат – машинное слово (2 байта). Помимо этого, в ПЛК есть регистры, причем часть из них отображаются на порты ввода/вывода, а некоторые относятся к числу «пользовательских».

Таким образом: *регистр 22* – дискретный выход ПЛК на включение группы освещения, *регистр 112* – пользовательский, необходимый для сохранения предыдущего решения, *регистр 32* – представляет собой команду с сервера (вкл/откл групп согласно расписанию), *регистр 0* – дискретный вход ПЛК, на который приходит сигнал при нажатии кнопки по месту, *регистр 2* – дискретных вход ПЛК «обратная связь», отражающий состояние перекидного реле. Отметим, что «*b1*» – булева переменная, отражающая решение включения и отключения освещения группы, а переменная «false» представляет собой логическую 1 (блок 8 реагирует на изменение сигнала по переднему фронту).

При срабатывании службы на включение группы освещения по расписанию с сервера посредством глобальной и локальной сетей по протоколу Modbus RTU в *регистр 32* записывается константа «3» ( $R_{IO}[32]=3$ ), при команде на выключение – «2» ( $R_{IO}[32]=2$ ). Если в *регистр 32* записывается число «3», то результатом блока сравнения « $3=3$ » является логическая 1, которая подается на вход блока «ИЛИ», и, в зависимости от предыдущего содержания переменной «*b1*», освещение либо включается, либо остается во включенном состоянии. По аналогии происходит и выключение освещение по расписанию, за исключением того, что используется константа «2» и блок «И».

Для того, чтобы блок «И» или «ИЛИ» на протяжении всего времени не устанавливали значение переменной «*b1*» равной, соответственно, 0 или 1, используется следующий алгоритм: переменная «*of*» равна 0, если  $R_{IO}[32]=3$  и переменная «*on*» равно 0, в случае, если  $R_{IO}[32]=2$ .

Отметим, что команда записи константы «0» в регистр 32 выполняется сразу после принятия константы «3» или «2» с сервера, однако блоки сравнения успевают принять и обработать полученный сигнал.

Регистр 0, как упоминалось ранее, отвечает за изменение состояния группы освещения по месту. Данный регистр представляет собой либо 0, либо 1 в соответствии с состоянием транзистора на соответствующем дискретном входе ПЛК. Причем если кнопка не нажата, то транзистор находится в насыщенном состоянии и в регистр «0» записан логический 0, и наоборот – пока кнопка нажата и удерживается, то транзистор закрыт, а в регистре «0» записана логическая 1. Данные 0 или 1 подаются в качестве первого сигнала на блок 8, который реагирует на изменение этого сигнала по переднему фронту.

Например, освещение в коридоре выключено поскольку идет время занятий, однако в коридоре присутствуют люди и хотят включить свет.

Очевидно, пока кнопка не нажата транзистор открыт, и в регистре «0» лежит булева переменная 0. При нажатии нефиксированной кнопки транзистор закрывается и в регистр «0» записывается логическая 1, и, в момент перехода цифрового сигнала с 0 на 1 блок 8 ловит изменение сигнала по переднему фронту и отправляет логическую 1 на элемент «ИСКЛ.ИЛИ-НЕ». Поскольку освещение было выключено, то на блок «ИЛИ» подаются 2 переменные – 0 и 0, что приведет к записи в переменную «b1» логическую 1, а следовательно, и к включению освещения.

Как упоминалось ранее, регистр 2 – это булева переменная, физически представляющая собой дискретный вход ПЛК «обратная связь» и для того, чтобы организовать обратную связь достаточно было присвоить соответствующий порт ввода к регистру 2 и отправлять его по протоколу Modbus на сервер. Однако, согласно рекомендациям, необходимо было дискретную битовую переменную перевести в двухбайтовое число.

## 5. ЭКОНОМИЯ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ

Определим разницу между энергопотреблением общеобразовательной школы в обычном режиме освещения и энергосберегающем.

Расписание занятий в Губернаторском Светленском лицее в мкр. «Северный» представлено в таблице 22 [48].

Таблица 22 – Расписание учебных занятий и перемен в Губернаторском Светленском лицее

№урока	Время начала и конца занятий	Продолжительность перемен
1	9:00-9:40	15 минут
2	9:55-10:35	15 минут
3	10:50-11:30	15 минут
4	11:45-12:25	15 минут
5	12:40-13:20	15 минут
6	13:30-14:10	10 минут
7	14:20-15:00	10 минут

Зная количество и мощность светодиодных источников света, расположенных в коммуникационных помещениях, определим дневное энергопотребление светильниками за период времени перемен при обычном режиме системы освещения:

$$\begin{aligned}W_{\text{н.р.}} &= P_{\Sigma} \cdot T = (P_{0\text{эт.блок Б}} + P_{1\text{эт.блок А,Б,В}} + P_{2\text{эт.блок А,Б,В}} + P_{3\text{эт.блок А,Б,В}} + P_{4\text{эт.блок А}}) \cdot T = \\ &= (840 + 1235 + 1370 + 2905 + 925 + 1930 + 575 + 1125 + 1390 + 575 + 1124) \cdot 6 = \\ &= 13994 \cdot 6 = 83,96 \text{ кВт} \cdot \text{ч, где}\end{aligned}$$

$P_{\Sigma}$  - суммарная мощность осветительной нагрузки помещений, освещение которых должно быть обеспечено во время перемен, кВт,

$T$  - суммарное время работы светодиодных источников света соответствующих помещений, ч.

Применение энергосберегающего автоматизированного режима системы освещения при той же мощности нагрузки позволит снизить количество потребленной электроэнергии в день до значения:

$$W_{\text{э.р.}} = P_{\Sigma} \cdot T_{\text{п}} = 13994 \cdot \frac{80}{60} = 13994 \cdot 1, (3) = 18,66 \text{ кВт} \cdot \text{ч, где}$$

$T_{\text{п}}$  - длительность перемен (таблица 22),  $T_{\text{п}} = 4 \cdot 15 + 2 \cdot 10 = 80 = 1, (3) \text{ ч.}$

Для определения суммы годового платежа за электроэнергию необходимо знать принцип расчета стоимости электрической энергии и тариф на услуги по передаче электроэнергии – ценовую категорию потребителя. Общеобразовательные учреждения относятся к группе «прочие потребители» и оплачивают потребленную электрическую энергию по I ценовой категории – простой одноставочный тариф:

$$\Pi = W_{\text{год}} \cdot Ц, \text{ где}$$

$W_{\text{год}}$  - годовой объем потребления, кВт·ч,

$Ц$  - цена на электрическую энергию для I ценовой категории, руб.

В соответствии с приказом №6 - 399 департамента тарифного регулирования Томской области «О тарифах на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей Томской области на 2022 год», цена на электроэнергию для населения и приравненным к нему категориям потребителей для одноставочного тарифа составляет за первое полугодие 3,85 руб/кВт·ч и 4,04 руб/кВт·ч за второе [49].

Как правило, перечень каникул таков: осенние (31 октября – 6 ноября), зимние (26 декабря – 10 января), весенние (19 – 28 марта), летние (31 мая – 31 августа). Следовательно, учебное время в учебном году составляет порядка 239 дней, причем 130 дней в первом полугодии и 109 дней во втором. Тогда, платежи за объем потребленной электроэнергии в год при обычном и энергосберегающем режимах освещения составят:

$$\Pi_{\text{н.р.}} = \Pi_{\text{н.р.1пол.}} + \Pi_{\text{н.р.2пол.}} = (83,96 \cdot 130 \cdot 3,85) + (83,96 \cdot 109 \cdot 4,04) = 78\,994,61 \text{ руб.};$$

$$\Pi_{\text{э.р.}} = \Pi_{\text{э.р.1пол.}} + \Pi_{\text{э.р.2пол.}} = (18,66 \cdot 130 \cdot 3,85) + (18,66 \cdot 109 \cdot 4,04) = 17\,556,45 \text{ руб.}$$

В таком случае, при использовании энергосберегающего режима потребителю представится возможным ежегодно получать экономию денежных средств в размере 61 438 рублей, что эквивалентно экономии в размере 77,8%:

$$\square \Pi_{\%} = 100\% - \frac{17\,556,45 \cdot 100\%}{78\,994,61} = 100\% - 22,2 = 77,8\%.$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации выбран тип источников света, отдавая предпочтение осветительным приборам с наибольшей световой отдачей и сроком службы при минимальном электропотреблении – светодиодные светильники. Для организации необходимой световой среды в коммуникационных помещениях, присутствие в которых не подразумевает выполнение точных зрительных работ, применяется система общего равномерного освещения.

Располагая ряды светильников таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное освещение, зная нормируемые показатели освещенности и цветовую гамму для каждого из рассматриваемых помещений, а также параметры, зависящие от вида источников света – коэффициент запаса и коэффициент неравномерности освещения, используя метод светового потока для расчета искусственного освещения определены допустимые диапазоны значений светового потока для каждого помещения общеобразовательной школы, указанного в исходных данных. На базе расчетной величины светового потока выбраны LED-светильники Томского производителя светотехнического оборудования «Dioга» с соответствующими техническими параметрами в количестве, удовлетворяющем регламентируемые показатели световой среды.

Проверка светильников рабочего освещения на соответствие таким нормируемым показателям искусственного освещения, как цветовая температура, светоотдача, коэффициент мощности и пульсации, индекс цветопередачи и удельная установленная мощность позволяет сделать вывод о том, что выбранные источники света удовлетворяют параметрам, регламентируемым в действующих нормах, правилах и стандартах. Кроме того, контроль по нормируемым параметрам минимально допустимой освещенности и индекса цветопередачи для светильников аварийного исполнения показал, что выбор произведен верно.

На основе размещения светильников сформированы группы освещения, для которых произведен расчет электрических нагрузок, причем групповые нагрузки равномерно распределены по фазам питающей сети.

Сформирован выбор защитных аппаратов, кабелей и способ их прокладки для питания групп освещения. В соответствии с правилами устройства электроустановок выбраны к установке проводники с медными жилами с сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ . Определение сечения проводников произведено по условию допустимого нагрева протекающим током с последующей проверкой на согласование с током короткого замыкания автоматического выключателя. И, поскольку в общеобразовательной школе потолки выполнены в навесном исполнении, прокладка электрических сетей выполняется в гофрированных самозатухающих трубах ПВХ проводниками ППГнг(А), не распространяющими горение.

К установке выбраны кабели ППГнг(А)-HF (3x1,5) с 3<sup>мя</sup> жилами сечением  $1,5 \text{ мм}^2$  для рабочего освещения и кабели ППГнг(А)-FRHF (4x1,5) с 4<sup>мя</sup> жилами сечением  $1,5 \text{ мм}^2$  для групповых линий аварийного освещения. В качестве аппаратов защиты используются автоматические выключатели ВА 47-29 с номинальным током 10 А и характеристикой срабатывания «С». На базе значений наружных диаметров линий ППГнг(А) выбраны электротехнические трубы с соответствующими внутренними диаметрами.

В качестве промежуточных элементов, связывающих слаботочные выходы контроллеров и силовые цепи выбрано перекидное реле Finder 24VDC с номинальным рабочим током переключения 8 А. Для коммутации силовой цепи применяется модульный контактор КМ20-20М АС с номинальным коммутируемым током 20 А.

Разработке подлежала структурная схема комплекса технических средств диспетчеризации системы освещения общеобразовательной школы. Описана взаимосвязь всего комплекса технических средств посредством интерфейсов связи Ethernet и RS-485 по протоколу Modbus RTU. В дополнение к этому рассмотрен пример структуры пакета запроса и ответа о состоянии 10

групп освещения. Представлена программируемая логика для контроллеров в рамках выполнения алгоритма управления автоматизированной системой освещения с диспетчеризацией. В результате, менять состояние групп светильников предоставляется возможным как дистанционно через сеть с web-браузера АРМ диспетчера, так и с кнопок по месту и с осветительных щитов. Обратная связь, в свою очередь, обеспечивает визуальный метод контроля разных групп освещения посредством мнемосхемы в web-браузере, в том числе с целью оперативного принятия решения при возникновении нештатной ситуации

Таким образом, основная часть магистерской диссертации описывает реализацию энергосберегающего режима освещения на базе автоматического управления рабочим и аварийным освещением с системой диспетчеризации для средней общеобразовательной школы в мкр. «Северный» Томского района, обеспечивающего годовую экономию в размере 61 438 руб. (77,8%), по сравнению с обычным режимом работы системы освещения.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5AM03	Юртаевой Алине Евгеньевне

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение электроэнергетики и электротехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
Исследование автоматизированной энергосберегающей системы с диспетчеризацией для управления освещением средней общеобразовательной школы согласно рабочему графику учреждения	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.02.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		03.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5AM03	Юртаева Алина Евгеньевна		03.02.2022

## **6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследование проводилось с целью разработки автоматизированной энергосберегающей системы с диспетчеризацией для управления освещением школы по расписанию, с последующим определением величины электроэнергии, которую представляется возможным сэкономить за счет перехода от обычного режима работы освещения на энергосберегающий.

## **6.1 Предпроектный анализ**

### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

-общеобразовательные организации начального общего, основного общего и (или) среднего общего образования;

-профессиональные образовательные организации среднего профессионального образования и (или) по программам профессионального обучения;

-образовательные организации высшего образования;

-общественные здания.

### **6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется энергоэффективная автоматизированная система освещения, главным образом построенная на управлении рабочим освещением в зависимости от графика работы общеобразовательной школы.

В таблице 23 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – умное освещение Samsung (IoT), к2 – автоматизированное освещение, построенное на светильниках с датчиком движения.

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Энергоэкономичность	0,18	4	4	5	0,72	0,72	0,90
2. Соответствие требованиям потребителя	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
3. Надежность	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,56
4. Точность	0,11	5	5	2	0,55	0,55	0,22
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	5	2	0,75	0,75	0,30
2. Цена	0,16	5	1	4	0,80	0,16	0,64
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	5	5	5	0,55	0,55	0,55
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>4,68</b>	<b>4,04</b>	<b>3,62</b>

Вес показателей в сумме должен составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные разработки, что объясняется ценой и соответствием требованиям заказчика. Однако, уязвимость разрабатываемого проекта в том, что большую экономию электроэнергии возможно получить применением автоматизированного освещения посредством датчиков движения.

### 6.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который используют для исследования внешней и внутренней среды проекта (таблица 24). Определение анализа пошло из следующих сокращений: S - Strengths (сильные стороны), W - Weaknesses (слабые стороны), O - Opportunities (возможности) и T - Threats (угрозы).

Анализ проводится в 3 этапа.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 24 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b> С1. Экономичность и энергоэффективность технологии С2. Низкая цена проекта С3. Диспетчеризация инженерных систем С4. Поддержка политики импортозамещения С5. Простота эксплуатации и обслуживания С6. Доступность проектируемого решения для различных областей применения	<b>Слабые стороны</b> Сл1. Надежность ниже, по сравнению с простыми системами Сл2. Для реализации исследования необходимо привлечение квалифицированных кадров
<b>Возможности</b> В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ энергосбережения В2. Перспектива увеличенного спроса на предлагаемый продукт на фоне ухода с российского рынка крупнейших зарубежных поставщиков	<b>Угрозы</b> У1. Появление новых конкурентных разработок У2. Угроза преждевременного выхода из строя приборов освещения в связи с некорректно подобранными параметрами электропроводки или в процессе монтажа неквалифицированным специалистом

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 25. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 25 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.	C6.
	B1.	+	+	-	+	+	+
	B2.	+	+	+	+	+	-
Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1.			Сл2.		
	B1.	0			+		
	B2.	-			+		
Сильные стороны проекта							
Угрозы		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.	C6.
	У1.	+	+	-	+	-	+
	У2.	-	-	-	-	+	-
Слабые стороны проекта							
Угрозы		Сл1.			Сл2.		
	У1.	0			0		
	У2.	+			+		

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 26).

Таблица 26 –SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	<p>C1. Экономичность и энергоэффективность технологии</p> <p>C2. Низкая цена проекта</p> <p>C3. Диспетчеризация инженерных систем</p> <p>C4. Поддержка политики импортозамещения</p> <p>C5. Простота эксплуатации и обслуживания</p> <p>C6. Доступность проектируемого решения для различных областей применения</p>	<p>Сл1. Надежность ниже, по сравнению с простыми системами</p> <p>Сл2. Для реализации исследования необходимо привлечение квалифицированных кадров</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>B1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ энергосбережения</p> <p>B2. Перспектива увеличенного спроса</p>	<p>Быстрое продвижение исследования в связи с универсальностью разработки, низкой стоимостью, принятием целого ряда нормативных правовых актов, направленных на усиление импортозамещения, а также благодаря Постановлению Правительства № 1289 и приказа Минэнерго №425, направленных на снижение потребляемой электрической энергии;</p>	<p>Для расширения применения и доступности разработки потребуется увеличение числа высококвалифицированного персонала</p>

## Окончание таблицы 26

	На фоне ухода с российского рынка крупнейших зарубежных поставщиков ожидается повышенный спрос на исследование	
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Появление новых конкурентных разработок</p> <p>У2. Угроза преждевременного выхода из строя приборов освещения</p>	<p>Создание конкурентоспособного проекта;</p> <p>Для предотвращения выхода из строя электрооборудования необходимо привлечь квалифицированный персонал для обслуживания и наладки</p>	<p>Проект предполагает наличие автоматизации и диспетчеризации, что обуславливает дополнительные элементы инженерной сети, и, в следствие этого снижает надежность системы по сравнению с простыми и не интеллектуальными решениями;</p> <p>Для предотвращения выхода из строя электрооборудования или электропроводки применяются быстродействующие аппараты защиты, и квалифицированный персонал, осуществляющий монтаж и наладку</p>

### 6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 27).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у

разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 27 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	66	52

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок, а также проработать вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки и получения льгот.

### **6.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

## 6.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 28).

Таблица 28 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Государство	Снижение платы за электроэнергию вследствие использования энергосберегающего режима освещения
«НПО ВЭСТ»	Расширение количества инсталляций разработки
Общеобразовательные учреждения	Получение инженерного исследования в аналогичном учреждении

В таблице 29 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 29 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Повышение энергоэффективности и энергосбережения системы управления освещением общеобразовательной школы
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Экономия затрат на электроэнергию за расчетный период, при переходе от обычного режима освещения к энергосберегающему, составит не менее 50 %
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Объем потребленной электрической энергии снизился с переходом на автоматизированный энергосберегающий режим освещения
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Разработать алгоритм работы системы рабочего освещения
	Выбрать энергоэффективные источники света, удовлетворяющие требованиям нормативно-правовых документов
	Определить объем потребленной электроэнергии согласно новому режиму освещения
	Определить цены и тариф на электроэнергию для общеобразовательной школы, рассчитать экономию денежных средств

В таблице 30 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 30 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1	Шилин А.С., НИ ТПУ, д.т.н., профессор ОЭЭ	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения	600
2	Юртаева А. Е., магистрант ОЭЭ ИШЭ	Исполни- тель по проекту	Анализ литературных источников, расчет, анализ эффективности, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта (таблица 31).

Таблица 31 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1 473 235,7
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2021-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2021
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

### 6.3 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:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

### 6.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 29).

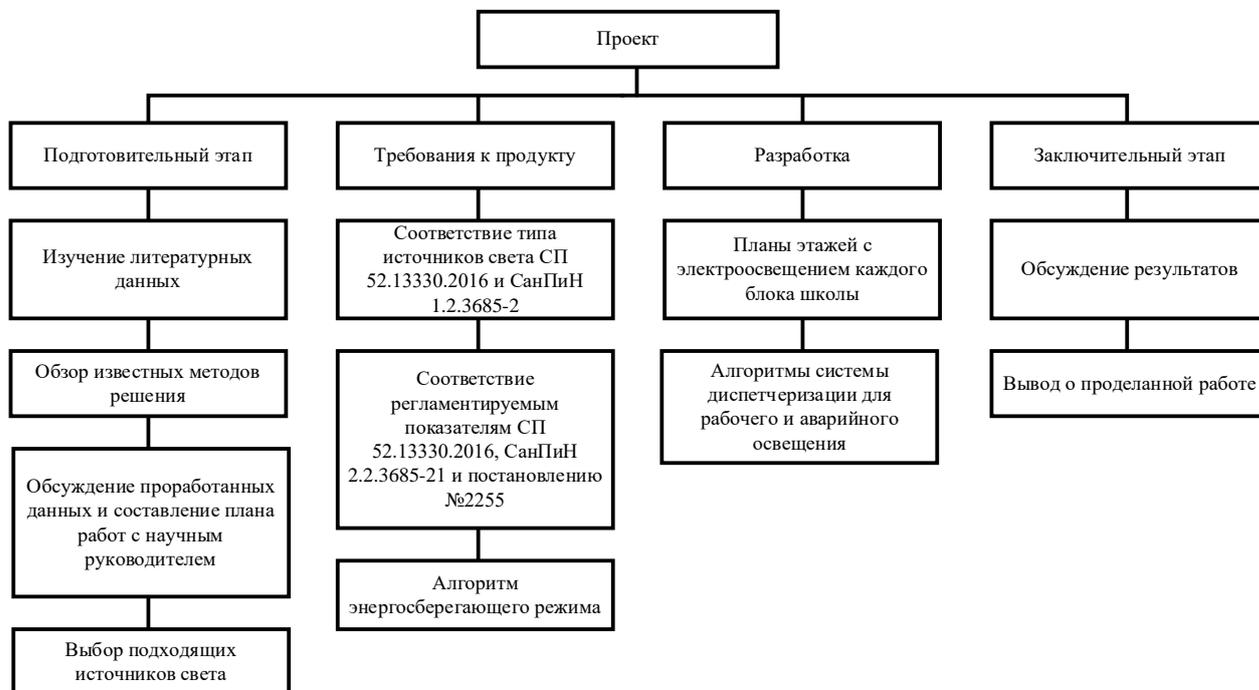


Рисунок 29 – Иерархическая структура работ

### 6.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 32, 33).

Таблица 32 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.20	07.09.20	Юртаева А. Е., Шилин А. А.
Согласование плана работ	7	08.09.20	15.09.20	Юртаева А. Е., Шилин А. А.
Литературный обзор	138	16.09.20	31.01.21	Юртаева А. Е.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	327	01.02.21	24.12.21	Юртаева А. Е., Шилин А. А.
Написание отчета	158	25.12.21	31.05.22	Юртаева А. Е.
<b>Итого:</b>	<b>637</b>			

Таблица 33 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2019				2020												2021					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7																						
Согласование плана работ	7																						
Литературный обзор	138																						
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	327																						
Написание отчета	158																						



- Юртаева А. Е.



- Юртаева А. Е., Шилин А. А.

#### 6.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

*Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).* В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 34).

Таблица 34 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь А4	1	80,0	80,0
Ручка шариковая	2	32,0	64,0
Карандаш	1	25,0	25,0
Ластик	1	15,0	15,0
Печать	36	5,0	180,0
Энергия	403,2	4	1612,8
Всего за материалы		1976,8	
<b>Итого по статье</b>			<b>1976,8</b>

*Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.* В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением

специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 35).

Таблица 35 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ноутбук	1	30000,0	30000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	6000,0	6000,0
3	Программное обеспечение AutoCad	1	0*	0*
<b>Итого, руб.:</b>				36000,0

Примечание: \*бесплатный доступ НИ ТПУ к продуктам Autodesk с лицензией на образовательные услуги.

*Расчет основной заработной платы.* В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где:  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 36.

Таблица 36 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	214	214

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p, \text{ где}$$

$Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) профессора в 2021 году без учета РК составил

38 752 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 37.

Таблица 37 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	38 752	1	0,02	1,3	51 385	2 689,3	214	575 513
Магистрант	1 923	-	-	1,3	2 500	130,8	214	27 999

*Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.* В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \text{ где}$$

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 38 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 38 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	575 513,0	27 999,0
Дополнительная зарплата	57 551,3	2 799,9
Итого по статье С <sub>зп</sub>	633 064,3	30 798,9

*Отчисления на социальные нужды.* Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (575\,513 + 57\,551,3) = 189\,919,29 \text{ руб} - \text{руководитель};$$

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (27\,999,0 + 2\,798,9) = 9\,239,67 \text{ руб} - \text{магистрант}.$$

*Научные и производственные командировки.* В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 66 386,32 руб.

*Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.*

Организацией ТПУ был предоставлен бесплатный доступ к программной среде «Autocad», что уже было учтено при расчете расходов на программное обеспечение.

На эту статью расходов также в данном проекте относится также использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 2 473 руб.

Итого на оплату работ выходит 2 473 руб.

*Накладные расходы.* Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (575513,0 + 57551,3) = 506\,451,44 \text{ руб,}$$

где

$k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 1 476 309,7 которые приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	1 976,80	36 000,00	603 512,00	60 351,20	199 158,9	66 386,32	2 473,00	-	506 451,40	<b>1 473 235,7</b>
Аналог 1	2 500,00	150 000,00	1 262 352,00	26 236,20	416 576,18	138 858,72	0,00	-	1 110 869,76	<b>3 107 392,8</b>
Аналог 2	2 500,00	150 000,00	816 816,00	81 681,60	269 549,30	89 849,76	0,00	-	718 798,08	<b>2 129 194,7</b>

### 6.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 30.

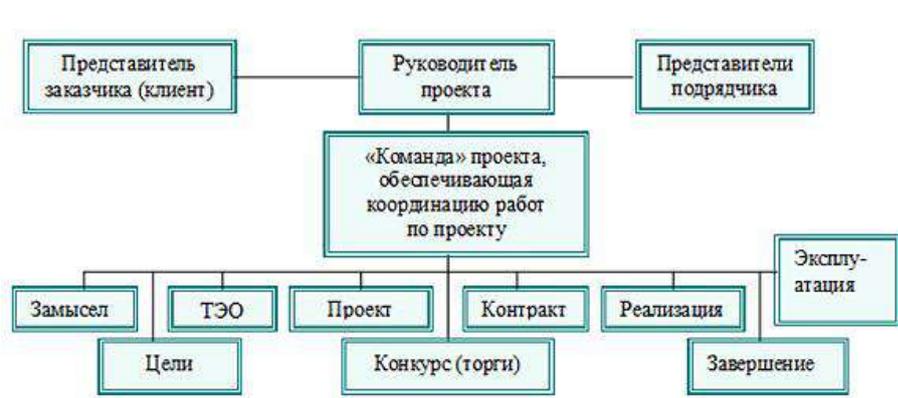


Рисунок 30 – Проектная структура проекта

### 6.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 40).

Таблица 40 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 6.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 41.

Таблица 41 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Выход из строя оборудования	2	5	Низкий	Контроль монтажа, регулярное технологическое обслуживание	Неквалифицированный персонал
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

## 6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

### 6.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (*NPV*);
- индекс доходности (*PI*);
- внутренняя ставка доходности (*IRR*);
- срок окупаемости (*DPP*).

*Чистая дисконтированная стоимость (NPV)* – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт *NPV* осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧДП}_{\text{оп}t}}{(1+i)^t} - I_0 = \sum_{t=1}^n \text{ЧДД}_t - I_0$$

где  $\text{ЧДП}_{\text{оп}t}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности, руб.;

$\text{ЧДД}_t$  – чистые дисконтированные денежные потоки, руб.;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году, руб.;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ );

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт  $NPV$  позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 42. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25%**, норма амортизации–10%.

$$\text{Выручка} = \text{Себестоимость} \cdot 1,2 = 1\,473\,235,7 \cdot 1,2 = 1\,767\,882,8 \text{ руб.}$$

Таблица 42 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0,0	1 767 882,8	1 767 882,8	1 767 882,8	1 767 882,8
2	Итого приток, руб.	0,0	1 767 882,8	1 767 882,8	1 767 882,8	1 767 882,8
3	Инвестиционные издержки, руб.	-1 473 235,7	0,0	0,0	0,0	0,0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0,0	515 632,5	515 632,5	515 632,5	515 632,5
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0,0	1 252 250,3	1 252 250,3	1 252 250,3	1 252 250,3
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0,0	250 450,1	250 450,1	250 450,1	250 450,1
8	Чистая прибыль, руб. (5-6)	0,0	1 001 800,3	1 001 800,3	1 001 800,3	1 001 800,3
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль+амортизация)	-1 473 235,7	1 149 123,8	1 001 998,0	1 017 001,1	1 062 151,7

Окончание таблицы 42

10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб. (9*10)	-1 473 235,7	957 220,2	695 386,6	587 826,6	511 957,1
12	$\Sigma$ ЧДД	2 752 390,5 руб.				
12	Итого NPV, руб.	1 279 154,8 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}, \text{ где}$$

$i$  – ставка дисконтирования,  $i = 20\%$ ;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в рамках горизонта планирования 4 года составляет 1 279 154,8 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t}}{I_0} = \frac{\sum_{t=1}^n ЧДД_t}{I_0} > 1, \text{ где}$$

$ЧДП_t$  – чистые денежные потоки, руб.;

$ЧДД_t$  – чистые дисконтированные денежные потоки, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом, PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2\,752\,390,5}{1\,473\,235,7} = 1,87 \text{ о.е.};$$

Поскольку  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

*Внутренняя ставка доходности (IRR)*. Значение ставки, при которой чистая дисконтированная стоимость (*NPV*) обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или *IRR*. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или = 0. По разности между *IRR* и ставкой дисконтирования *i* можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе *IRR* к ставке дисконтирования *i*, тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (*NPV*) и ставкой дисконтирования (*i*) существует обратная зависимость – таблица 43 и рисунок 31.

Таблица 43 – Зависимость *NPV* от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1 473 235,7	957 220,2	695 386,6	587 826,6	511 957,1	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1473235,7	1044553,6	827650,3	763767,8	725449,6	1888185,6
	0,2	-1473235,7	957220,2	695386,6	587826,6	511957,1	1279154,8
	0,3	-1473235,7	883676,2	593182,8	462735,5	371753,1	838111,9
	0,4	-1473235,7	820474,4	511019,0	370188,4	276159,4	504605,5
	0,5	-1473235,7	766465,6	444887,1	300015,3	210306,0	248438,4
	<b>0,6</b>	-1473235,7	718202,4	390779,2	248148,3	162509,2	46403,4
	<b>0,7</b>	-1473235,7	675684,8	335669,3	206451,2	118961,0	-136469,4
	0,8	-1473235,7	638912,9	309617,4	173907,2	100904,4	-249893,9
	0,9	-1473235,7	604439,1	277553,4	148482,2	81785,7	-360975,3
	1,0	-1473235,7	574561,9	250499,5	127125,1	65853,4	-455195,7

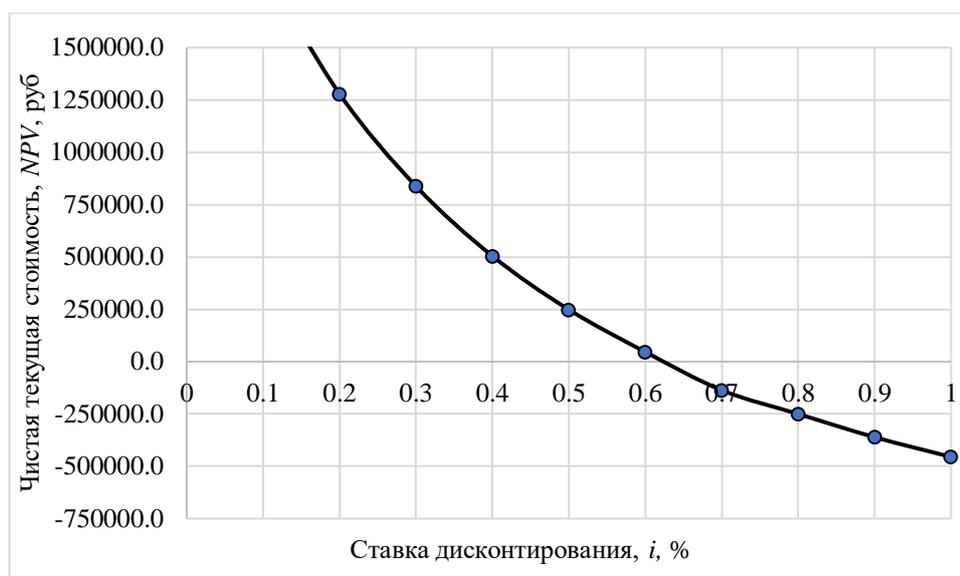


Рисунок 31 – Зависимость  $NPV$  от ставки дисконтирования

Из таблицы 43 и рисунка 31 следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой  $NPV$  обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что  $IRR$  составляет 63 %.

В связи с тем, что  $IRR > i$  – проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта составляет:  $63\% - 20\% = 43\%$ .

*Дисконтированный срок окупаемости.* Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 44).

Таблица 44 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i = 0,20$ ), руб.	-1 473 235,7	957 220,2	<b>695 386,6</b>	587 826,6	511 957,1
2	То же нарастающим итогом, руб.	-1 473 235,7	<b>-516 015,5</b>	179 371,0	767 197,7	127 9154,8
3	Дисконтированный срок окупаемости	<b><math>DPР_{диск} = 1 + (516\ 015,5 / 695\ 386,6) =</math></b> 1,7 года				

**Социальная эффективность научного проекта** учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 45).

Таблица 45 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Выброс парниковых газов, в результате эксплуатации тепловых электростанций	Энергосберегающий режим освещения позволяет сократить объем использования электрической энергии, что, в малом объеме, но позволит снизить генерируемую мощность электростанций Томской области, функционирующих на исчерпаемых природных ресурсах, и, тем самым снизит выбросы парниковых газов
Мало освещенные участки коммуникационных помещений общеобразовательного учреждения	Освещенность, удовлетворяющая нормируемым критериям световой среды согласно нормативно-правовым документам, и, как следствие безопасная среда для передвижения и отдыха

### 6.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности текущего проекта и конкурентноспособных аналогов приведен в форме выражений (1-3). Для наглядности расчета составим таблицу 46.

Таблица 46 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Энергосбережение	0,20	4	4	5
2. Соответствие требованиям потребителей	0,20	5	5	3
3. Простота эксплуатации	0,15	5	5	5
4. Надежность	0,125	4	4	3
5. Точность	0,125	5	5	2
6. Не зависимость от импорта	0,20	5	3	5
Итого	1	28	26	23

$$I_m^p = 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,125 + 5 \cdot 0,125 + 5 \cdot 0,20 = 4,68 \text{ о. е.}; \quad (1)$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,125 + 5 \cdot 0,125 + 3 \cdot 0,20 = 4,28 \text{ о. е.}; \quad (2)$$

$$I_2^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,125 + 2 \cdot 0,125 + 5 \cdot 0,20 = 3,98 \text{ о. е.} \quad (3)$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{\text{финр}}^p$  и аналога  $I_{\text{финр}}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 47.

Таблица 47 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,421	0,887	0,608
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,680	4,280	3,980
3	Интегральный показатель эффективности	11,116	4,825	6,546
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,303	1,000	1,357

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (*NPV*), равная 1 279 154,8 руб.; индекс доходности  $PI = 1,87$  о.е., внутренняя ставка доходности  $IRR = 63\%$ , срок окупаемости  $DPP_{дск} = 1,7$  года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 5AM03		<b>ФИО</b> Юртаевой Алине Евгеньевне	
<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение электроэнергетики и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Исследование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения средней общеобразовательной школы	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</li> </ul>	<p><i>Объект исследования <u>энергосберегающий режим системы освещения</u></i>  <i>Область применения <u>школа на 1100 мест в д. Кисловка мкр. «Северный» Томского района, Томской области</u></i> .</p> <p><i>Рабочая зона: <u>офис</u></i> .</p> <p><i>Размеры помещения <u>длина 6 м, ширина 6 м, высота 4,1 м</u></i>  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны <u>ноутбук (1 шт.), мышшь компьютерная (1 шт.), настольный светильник (1 шт.), кресло офисное (1 шт.)</u></i> .</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне <u>эксплуатация ноутбука и настольного светильника</u></i> .</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <u>при разработке проектного решения:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс РФ;</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда»;</p> <p>СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" (постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 02.12.2020 г. №40).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность <u>при разработке проектного решения:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p>Основными возможными вредными и опасными факторами являются зрительное напряжение, превышение уровня шума, отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении, недостаточная освещенность, нервно-психические перегрузки, монотонность труда, а также повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p> <p>К средствам коллективной и индивидуальной защиты можно отнести защитные ограждения, устройства автоматического контроля, в том числе автоматические выключатели и предохранители, изоляцию токоведущих частей, предупредительную сигнализацию, а также наличие местного освещения.</p> <p>Представлен расчет такого фактора, как освещенность.</p>

<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	Воздействие на селитебную зону: <u>отсутствует</u> . Воздействие на литосферу: <u>утилизация ТБО, потребление ископаемого топлива</u> . Воздействие на гидросферу: <u>сбросы в водные объекты загрязненных вод/жидких отходов</u> . Воздействие на атмосферу: <u>выбросы загрязняющих веществ</u> .
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	Возможные ЧС <u>пожар на рабочем месте или в здании, обрушение здания, угроза пандемии</u> .  Наиболее типичная ЧС <u>пожар на рабочем месте</u> .
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику <b>27.02.2022</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Юртаева Алина Евгеньевна		27.02.2022

## **7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В магистерской диссертации рассматривается автоматизированная система с диспетчеризацией для управления освещением средней общеобразовательной школы согласно рабочему графику учреждения. Разработке подлежал алгоритм работы общего освещения в коридорах, рекреациях и на лестничных пролетах школы, включая исследование энергосберегающих режимов освещения аудиторий, а также расчет общего искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока с последующим выбором светодиодных встраиваемых потолочных светильников, удовлетворяющих нормируемым показателям световой среды.

Целевой аудиторией в данном случае выступает школа на 1100 мест в микрорайоне «Северный парк» Томского района Томской области. Кроме того, потенциальным пользователем разработанного энергосберегающего режима может выступать любое жилое или общественное здание, где есть потребность в низком энергопотреблении.

Актуальность работы заключается в том, что лестничные пролеты и коридоры характеризуются непостоянным пребыванием людей и низким уровнем естественного освещения, в то время, как использование автоматизированного энергосберегающего режима системы освещения позволяет значительно снизить энергозатраты для такого типа помещений, поскольку освещение будет использоваться только в те промежутки времени, когда это необходимо. Необходимо отметить, что по данным ООН, лампы накаливания до сих пор остались во многих школах, из-за чего перерасход электроэнергии там достигает 60%. В свете такого факта очевидно, что важной проблемой для большинства учебных учреждений являются огромные платежи за электроэнергию, а энергоэффективность и целесообразность применения энергосберегающего режима системы освещения на основе светодиодных источников света не порождает сомнений.

## 7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Безопасность работы офисного сотрудника регулируется Трудовым кодексом (ТК) РФ, Санитарными правилами и нормами (СанПиН), законом об охране труда и другими нормативными актами.

В целях профилактических мер по предупреждению получения электротравм, всем офисным работникам использующих в своей работе оргтехнику, согласно приказу от 15 декабря 2020 года № 903н [51], требуется присваивать I группу по электробезопасности посредством инструктажа при поступлении на работу и далее ежегодно.

Кроме того, согласно ст. 91 ТК РФ [52], продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, однако по договоренности работнику может быть установлено неполное рабочее время. Кроме того, в соответствии с ст. 93 ТК РФ [53], некоторым категориям неполное время устанавливается в обязательном порядке по просьбе работника (беременным женщинам, одному из родителей ребенка в возрасте до 14 лет и т.д.). Стоит отметить, что если время труда и отдыха у кого-либо из работников отличаются от общеустановленных, то они устанавливаются в трудовом договоре с этим работником (ст. 100 ТК РФ) [54, 55].

Одним из основных требований к организации рабочего места, согласно п. 4.3 ГОСТ 12.2.032-78 [56], является размещение средств отображения информации – их следует располагать под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда, прочие требования представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование	Требуемое значение		Значение параметров в помещении
	Для женщин	Для женщин и мужчин	
Высота рабочей поверхности	990 мм	1025 мм	1025 мм
Высота размещения средств отображения информации	1320 мм	1365 мм	1320 мм

Помимо прочего, стоит отметить, что в соответствии с п. 6.3 СП 2.2.3670-20 на рабочем месте [57], предназначенном для работы в положении сидя, производственное оборудование и рабочие столы должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной - не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм.

В целях оптимизации трудовой деятельности рабочего с учетом его социальных, психологических, физиологических и других характеристик в п. 249 СП 2.2.3670-20 рассматриваются эргономические требования, являющиеся основой при планировании рабочего места – размер площади на одно рабочее место пользователя с персональным компьютером должен быть не менее 4,5 м.

## **7.2 Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении разработки автоматизированной энергосберегающей системы с возможностью дистанционного и местного управления освещением согласно СанПиН 1.2.3685-21 [6].

Стоит отметить, что допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях оцениваются в зависимости от категории работ по уровню энерготрат организма. Согласно таблице 5.1 СанПиН 1.2.3685-21 работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда (IIa) – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для производственной среды при выполнении работ на персональном компьютере согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [58], представлен в виде таблицы 49.

Таблица 49 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте в офисе

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Зрительное напряжение	ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользователя» [11]
2. Превышение уровня шума	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [6]
3. Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении	
4. Недостаточная освещенность	СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*" [16]; СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [6]
5. Нервно-психические перегрузки	ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [58]
6. Монотонность труда	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [61]

### 1. Зрительное напряжение

Повышенная нагрузка на зрение способствует возникновению близорукости, приводит к переутомлению глаз, головной боли, повышает раздражительность и т.п. Всё это отражает значимость эргономических требований безопасности к визуальным параметрам дисплеев.

В соответствии с п. 5 ГОСТ Р 50948-2001 [59], для снижения зрительного напряжения нужно соблюдать основные требования безопасности к визуальным параметрам, такие, как:

- яркость знака должна быть не менее 20 кд/м для плоских экранов;
- неравномерность яркости экрана должна быть не более  $\leq 20\%$ ;
- неравномерность яркости элементов знака должна быть не более 20%;
- ширина контура знака должна быть от 0,25 до 0,5 мм;

- мелькание изображения не должно быть на плоских дискретных экранах.

## 2. Превышение уровня шума

Как упоминалось ранее, в состав оборудования рабочей зоны входит компьютерная техника, для которой в том числе существуют специальные нормы, утвержденные СанПиН 1.2.3685-21 [6], согласно которому нормативным эквивалентным уровнем звука (шума) на рабочих местах является 80 дБ. Отметим, что для снижения влияния шума можно использовать разные модификации шумоподавляющих материалов, в том числе шумоподавляющие вентиляционные отверстия.

## 3. Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении

Факторы микроклимата влияют и на состояние здоровья человека, и на его работоспособность. В частности, высокие температуры приводят к тепловым ударам, повышению давления, низкие – к простудным заболеваниям, переохлаждению, низкая влажность провоцирует пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Правильный микроклимат рабочего места, согласно табл. 5.2 СанПиН 1.2.3685-21, предполагает соответствие параметрам, представленным в таблице 50 [6, 60].

Таблица 50 - Допустимые величины параметров микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С		Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		
Холодный	Па (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75
Теплый		18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75

## 4. Недостаточная освещенность

Правильно организованное освещение, удовлетворяющее нормативным показателям СанПиН 1.2.3685-21 [6], способно снизить отвлечение внимания, уменьшение сосредоточенности, зрительное и общее утомление. Нормируемые показатели естественного и искусственного освещения, согласно таблице 5.25 СанПиН 1.2.3685-21, представлены в таблице Е.1. Кроме того, согласно п.84, 85 СанПиН 1.2.3685-21, к нормируемым

параметрам освещения общественных зданий и производственных помещений относятся:

- индекс цветопередачи  $R_a = 85\%$  для общего искусственного освещения;
- коэффициент пульсации не выше 5% на рабочих местах с ПЭВМ.

#### *5. Нервно-психические перегрузки*

Одним вредных производственных факторов, обладающим свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, является нервно-психическая перегрузка, связанная с напряженностью трудового процесса, преимущественно определяющаяся нервным, психоэмоциональным напряжением, длительностью и интенсивностью интеллектуальной нагрузки, иными словами, заключающейся в нагрузке на центральную нервную систему.

В соответствии с п. 8.4 ГОСТ 12.0.003-2015 [58], нервно-психические перегрузки организма работающего, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:

- длительность сосредоточенного наблюдения;
- активное наблюдение за ходом производственного процесса;
- число производственных объектов одновременного наблюдения;
- плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в ед. времени;
- нагрузка на слуховой и голосовой анализатор.

#### *б. Монотонность труда*

Согласно с п. 8.4 ГОСТ 12.0.003-2015 [58], монотонность труда, вызывающая монотонию, определяется как один из видов нервно-психической перегрузки. Во избежание данного психического состояния, заключающегося в сниженной работоспособности в результате выполнения однообразной работы с частым повторением стереотипных действий в обыденной внешней среде, рекомендуется рассмотреть возможность усложнения рабочих процессов, ускорения темпа работы, частой смены деятельности, организации

перерывов и пауз, а также усиление мотивации сотрудника через понимание значимости выполняемой работы.

*7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека*

Опасность поражения электрическим током существует при наличии контакта с устройством, питаемым напряжением от 36 В и выше, и особенно опасным случаем является поражение электрическим током от сети 220 В. Это может произойти по оплошности в случае прикосновения к открытым токоведущим частям, однако чаще всего из-за различных причин (перегрузка, не качественная изоляция, механические повреждения и др.).

Согласно п. 1.2 ГОСТ 12.1.038-82 [61], напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при неаварийном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 51. В дополнение стоит уточнить, что предельно допустимые значения установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки и установлены исходя из реакции ощущения.

Таблица 51 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при нормальном режиме

Род тока	Предельно допустимое значение прикосновения	
	$U$ , В	$I$ , мА
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Одними из основных мер защиты, способствующих минимизации воздействия рассмотренного фактора являются применение надлежащей изоляции, устройств автоматического отключения и сигнализации, предохранительных устройств, устройств защитного заземления, а также соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем ограждения токоведущих частей.

## 7.2.1 Расчет уровня производственного фактора. Расчет системы общего равномерного искусственного освещения

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока. Световой поток лампы  $\Phi$  определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N_l \cdot \eta}, \text{ где}$$

$E_n$  – нормативная освещенность согласно СП 52.13330.2016 и СанПин 1.2.3685-21,  $E_n = 300$  лк для офисов (табл. Л.1 СП 52.13330.2016, табл. 5.54 СанПин 1.2.3685-21) [16, 6];

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $S = 36 \text{ м}^2$ ;

$K_z$  – коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от загрязнённости воздуха в помещении, поскольку запыленность помещения менее  $1 \text{ мг/м}^3$  и отсутствуют пары кислот и щелочей, то согласно таблице 4.3 свода правил [16],  $K_z = 1,0$  о.е.;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (отношение средней освещённости к минимальной), в соответствии с санитарными правилами [6] для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$  о.е., для светодиодных –  $Z = 1,0$  о.е.;

$N_l$  – число ламп в помещении (с учетом числа ламп в светильнике), шт.;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, показывающий, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для выбора которого необходимо знать:

- коэффициент отражения от потолка, стен и пола (таблица 52);

- индекс помещения:  $i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$ , где

$a$  и  $b$  - ширина и длина помещения;

$h$  - высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, м.

Таблица 52 – Коэффициенты отражения по СП 52.13330.2016 [16]

Состояние потолка	$\rho_n$ , %	Состояние стен	$\rho_c$ , %
Свежебеленный	70	Свежепобеленные с окнами без штор	50

Значения коэффициента использования светового потока светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 53 [16].

Таблица 53 – Коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ОД и ОДЛ			ОДР			ОДО			ОДОР			Л71Б03		
	$\rho_{п, \%}$	$\rho_{с, \%}$	$i$	$\rho_{п, \%}$	$\rho_{с, \%}$	$i$	$\rho_{п, \%}$	$\rho_{с, \%}$	$i$	$\rho_{п, \%}$	$\rho_{с, \%}$	$i$	$\rho_{п, \%}$	$\rho_{с, \%}$	$i$
	30	50	<b>70</b>	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
	10	30	<b>50</b>	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
	<b>Коэффициенты использования, %</b>														
...	...														
1,0	44	46	47	40	42	45	41	44	48	34	38	42	26	28	30
1,1	46	48	51	41	43	46	42	46	50	36	39	43	27	29	31
<b>1,25</b>	48	50	<b>53</b>	43	45	48	44	48	52	38	41	45	29	30	32
...	...														

В связи с тем, что при выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели и условия среды, выберем наиболее распространённый тип люминесцентных ламп для нормальных помещений с хорошим отражением потолка и стен - открытые двухламповые светильники типа ОД.

Размещение светильников в помещении определяется параметрами – рисунок 32:  $H$  – высота помещения;  $h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес), обычно 0,5–0,7 м, примем 0,6 м;  $h_n = H - h_c$  – высота подвеса, наименьшая допустимая высота для ОД  $h_n = 3,5$  м;  $h_{pn}$  – высота рабочей поверхности над полом;  $h$  – высота светильника над рабочей поверхностью.

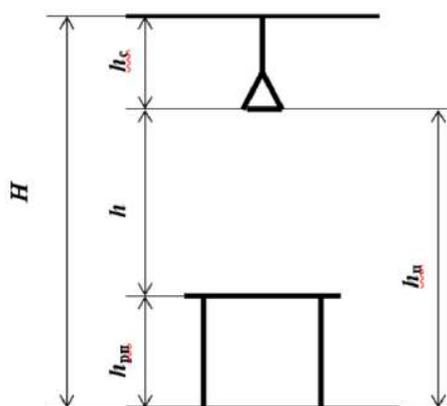


Рисунок 32 – Основные расчетные параметры

Расстояние между светильниками  $L$  определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,65 = 3,71 \text{ м, где}$$

$\lambda$  - интегральный критерий оптимальности расположения светильников, для люминесцентных светильников без защитной решетки типов ОД, ОДО  $\lambda = 1,4$  о.е.;

$h$  - расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью,  $h = h_n - h_{pn} = 3,5 - 0,85 = 2,65 \text{ м.}$

При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно параллельными рядами – рисунок 33.

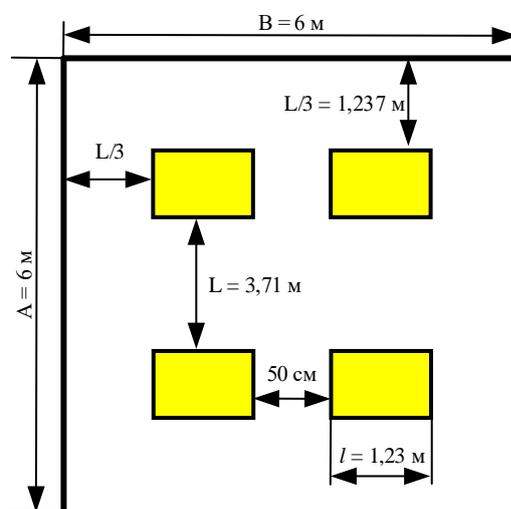


Рисунок 33 – Схема размещения светильников в помещении, где  $L/3$  – оптимальное расстояние от крайних светильников или рядов до стены

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left( B - \frac{2}{3} L \right)}{L} + 1 = \frac{\left( 6 - \frac{2}{3} 3,71 \right)}{3,71} + 1 = 1,95 \approx 2 \text{ шт, где}$$

$B$  - ширина помещения, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами в ряду определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(A - \frac{2}{3}L\right)}{l_{\text{св}} + 0,5} + 1 = \frac{\left(6 - \frac{2}{3} \cdot 3,71\right)}{1,23 + 0,5} + 1 = 1,714 \approx 2 \text{ шт, где}$$

$A$  - длина помещения, м;

$l_{\text{св}}$  - длина светильника,  $l_{\text{св}} = 1,23$  м [15].

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле (тип ОД – двухламповые светильники):

$$N_{\text{л}} = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 2 \cdot (2 \cdot 2) = 8 \text{ шт.}$$

Тогда, световой поток лампы  $\Phi$ :

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_{\text{з}} \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 36 \cdot 1,0 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,53} = 2801,9 \text{ лм, где}$$

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, определенный по таблице 53, для выбора которого определены:

- коэффициент отражения от потолка, стен и пола ( $\rho_{\text{п}} = 0,7$  о.е.,  $\rho_{\text{с}} = 0,5$  о.е.);

- индекс помещения:  $i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6 \cdot 6}{2,65 \cdot (6 + 6)} = 1,13$  о.е., где

$A$  и  $B$  - ширина и длина помещения;

$h$  - высота подвеса светильника над расчётной поверхностью, м.

Коэффициент использования светового потока, при округлении индекса помещения в большую сторону из следующего ряда: 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0; 1.1; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0; 2.25; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 5.0 для таблицы 53, равен  $\eta = 53\%$ .

Выбираем ближайшую стандартную лампу (таблица 54) ЛБ мощностью 40 Вт.

Таблица 54 – Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
30	220	1650	1940	2020	2020
<b>40</b>		2300	2700	<b>2800</b>	2850
65		3750	4400	4600	4600

Выбранная лампа должна соответствовать допустимому отклонению светового потока  $(-10\%) \div (+20\%)$ , т.е. входить в диапазон  $2\,521,71 \text{ лм} \div 3\,362,28 \text{ лм}$ . Поскольку световой поток лампы ЛБ мощностью 40 Вт составляет 2800 лм – условие выполняется.

Тогда, определим электрическую мощность всей осветительной системы:  $P = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} = 8 \cdot 40 = 320 \text{ Вт}$ .

### **7.3 Экологическая безопасность**

На основании того, что офис попадает одновременно под критерии отсутствия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и отсутствия сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод, согласно п. 7 постановления от 31 декабря 2020 года №2398, офис относится к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [63].

Кроме того, в процессе разработки проектного решения рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне, ограничиваются эксплуатацией ноутбука, компьютерной мыши, принтера и настольного светильника, в связи с этим отрицательного воздействия на селитебную зону не приходится, что нельзя сказать о литосфере, атмосфере и гидросфере.

К предполагаемым источникам загрязнения литосферы можно отнести такие твердые бытовые отходы, как остатки бумаги и непригодные канцелярские принадлежности (V класс опасности отходов), а также вышедшая из строя оргтехника и пустые картриджи (IV класс опасности). С целью минимизации влияния на окружающую среду введен запрет на захоронение отходов оргтехники, который обязывает данный вид отходов передавать на утилизацию для обеспечения повторного (вторичного) использования или переработки списанных изделий. Стоит отметить, что лицензирование деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов I-IV классов опасности

осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 4 мая 2011 года №99-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности" с учетом положений Федерального закона от 4 июня 1998 года с изменениями на 2 июля 2021 года «Об отходах производства и потребления» [64].

Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду необходимо правильно утилизировать отходы в соответствии с определенным классом опасности или, что более экологично – отправлять на вторичную переработку более 90% всех отходов и менее 10% на мусорные полигоны.

Помимо загрязнения твердой оболочки Земли посредством захоронения отходов, большое влияние на экологическую безопасность оказывает производство электрической энергии. Не для кого не секрет, что более 60% объема производства электричества приходится на тепловые электростанции, работающие на ископаемых источниках. Кроме того, примерно по 16% производят ГЭС и АЭС в то время, как показатели выработки энергии из альтернативных источников незначительны [65].

Очевидным является и тот факт, что объекты электроэнергетики воздействуют на атмосферный воздух выбросами загрязняющих веществ, на природные воды — сбросами в водные объекты загрязненных сточных вод, используют значительное количество водных и земельных ресурсов. Однако, что касается передачи электроэнергии по линиям электропередач, то по сравнению с перевозкой разных видов топлива и их перекачкой по системам трубопроводов она экологически безопасна.

Стоит отметить, что проблемы в области экологии зависят от вида используемого топлива. Например, нефть, разлитая во время добычи или транспортировки, убивает флору и фауну как на суше, так и в акватории океана, а во время сжигания угля, нефти и газа на тепловых электростанциях в атмосферу выбрасываются тонны оксида серы, окислов азота и золы, состоящей из токсичных веществ, включающих мышьяк, ртуть, свинец и кадмий. И, как следствие, попадающий в воздух оксид углерода приводит к повышению средней температуры, грозящей глобальным потеплением на

Земле. Помимо прочего, открытый способ добычи угля и торфа приводит к изменению ландшафта, что в свою очередь разрушает естественную среду обитания растений и животных.

Человечество не может полностью отказаться от использования электроэнергии. Однако для предотвращения катастрофических последствий для окружающей среды необходимо прикладывать усилия по уменьшению негативных явлений. Например, развивать энергосберегающих технологий, поскольку сокращение потребности в электричестве позволит уменьшить его выработку, что позитивно скажется на всех оболочке Земли.

С целью минимизации загрязнения атмосферы, пристальное внимание необходимо уделять контролю за процессом производства электроэнергии. К одним из возможных путей решения данной проблемы можно отнести расширение мощностей возобновляемых источников энергии, оптимизацию технологии сжигания нефти/угля/газа, очищение топлива, чтобы в процессе переработки выделялось меньше вредных элементов, а также фильтры для очистки газа перед выбросами в окружающую среду.

#### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

На практике общую классификацию чрезвычайных ситуаций, как правило, производят на основе их причин, источников и важнейших показателей их проявления - таблица 55 [66].

Таблица 55 – Разновидность ЧС по виду источника

	Природные	Техногенные	Биолого-социальные	Военные
Виды ЧС	Землетрясение	Пожар	Эпидемия	Терроризм
	Наводнение	Авария на объектах промышленности	Эпизоотия (эпидемия животных)	Конфликты с применением оружия массового поражения

Для определения возможных и наиболее типичных чрезвычайных ситуаций следует понимать к какой категории по электробезопасности и по взрывопожарной и пожарной опасности относятся офисные помещения. На основании п. 5 СП 12.13130.2009 офис относится к помещениям с негорючими

веществами и материалами в холодном состоянии, что соответствует категории Д по взрывопожарной и пожарной опасности [67]. В связи с тем, что офисные помещения относятся к административно-бытовым помещениям, не характеризующиеся сыростью, влажностью, риском получения электротравмы при одновременном прикосновении к соединенным с землей металлоконструкциям и в которых соблюдены оптимальные условия по микроклимату [68], то согласно ПУЭ (раздел 7) офисное помещение относится к помещению без повышенной опасности – I категория по электробезопасности [24].

С учетом специфики работы, а именно разработки и исследования энергосберегающего режима освещением, производимой в помещении, насыщенным различными видами бытовой и офисной техники, к возможным чрезвычайным ситуациям можно отнести пожар на рабочем месте/здании, обрушение здания или угрозу пандемии, в то время, как наиболее вероятным видом техногенных ЧС является пожар.

Потенциальное возникновение пожара связано с возможным накоплением токоведущей пыли внутри компьютера, что может привести к короткому замыканию, возгоранию пыли и, если не будет принято никаких мер, распространению пожара по помещению. К воспламенению материалов может привести также наличие нагреваемых элементов в ходе работы установки или поврежденная изоляция. Поэтому следует следить, чтобы вблизи техники во время её работы не находились легко воспламеняемые материалы и вещества. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены уголки пожарной безопасности и пожарные щиты.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности [69]:

- иметь средства пожаротушения;
- использовать компьютером при исправном состоянии электропроводки;

- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;

- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91, противопожарная защита достигается применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;

- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);

- организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;

- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;

- применением средств противопожарной и противодымной защиты.

Кроме того, в зданиях и сооружениях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, лифты, наружные пожарные лестницы и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

При обнаружении пожара или признаков горения в здании/помещении гражданам, в соответствии с постановлением от 16 сентября 2020 года №1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [70], необходимо:

- сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (по номеру 01 или 112) с указанием наименования объекта защиты, адреса места его расположения, места возникновения пожара, а также свою фамилию;

- принять меры по эвакуации людей, а при условии отсутствия угрозы жизни и здоровью людей меры по тушению пожара в начальной стадии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выявления основных вредных и опасных производственных факторов можно утверждать, что требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ согласно п. 4.3 ГОСТ 12.2.032-78 и п. 6.3 СП 2.2.3670-20, а также нормируемые параметры искусственного освещения согласно таблице 5.25 и п.84, 85 СанПиН 1.2.3685-21 соблюдаются в полном объеме. Кроме того, фактические значения визуальных параметров дисплея и уровень звука компьютера на рабочем месте соответствуют нормативным значениям эргономических требований согласно п. 5 ГОСТ Р 50948-2001 и СанПиН 1.2.3685-21, соответственно. Не менее важным производственным фактором являются нормированные в п. 5 СанПиН 1.2.3685-21 показатели микроклимата в закрытом помещении, определенные в соответствии с категорией Па тяжести труда офисных работников и полностью удовлетворяющие фактическим параметрам на рабочем месте.

Стоит отметить, что офисные помещения характеризуются негорючими веществами и материалами в холодном состоянии, и не характеризуются сыростью и влажностью, что относит офис к категории Д по взрывопожарной и пожарной опасности и к I категории по электробезопасности согласно п. 5 СП 12.13130.2009 и ПУЭ (раздел 7), соответственно. Кроме того, наиболее опасным фактором, несомненно, является возможность поражения электрическим током, в связи с этим, согласно приказу от 15 декабря 2020 года № 903н всем офисным работникам требуется присваивать I группу по электробезопасности.

С точки зрения экологической безопасности были выделены возможные экологические негативные последствия, отрицательно влияющие на литосферу, атмосферу и гидросферу. Однако, стоит подчеркнуть, что офисным помещениям присуще отсутствие выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и в составе сточных вод, что относит офисное помещение к объектам IV категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, согласно постановлению от 31 декабря 2020 года № 2398.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Юртаева А. Е. Система управления котлом поверхностного горения с диспетчеризацией на мобильном устройстве / А. Е. Юртаева, А. С. Михайлёв // Электронные средства и системы управления: сб. тр. XV межд. науч.-практич. конференции / в 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2019. – С. 104–108.
2. Гуков М. И. The influence of «The influence of «frequency operation» mode of coaxial magnetoplasma accelerator on the phase composition in the «Fe-O» system» / М. И. Гуков, Циммерман А. И, Юртаева А. Е. // «International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects: abstracts»: изд-во Publishing House of IAO SB RAS, 2018.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Федеральный закон №261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 11 июня 2021 года): дата введения 2009-11-11. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902186281> (дата обращения: 15.05.2021). – Текст: электронный.
2. Указ Президента Российской Федерации. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: дата введения 2008-06-04. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902104125> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст: электронный.
3. Правительство Российской Федерации. Распоряжение №1523-р. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года: дата введения 2020-06-09. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565068231> (дата обращения: 25.05.2021). – Текст: электронный.
4. Что нужно знать о свете в помещении, индекс освещения в таблицах: сайт. – Москва, 2017. – URL: <https://1posvetu.ru/svetodizajn/indeks-osveshheniya-v-tablitsah.html> (дата обращения: 29.05.2021). – Текст: электронный.
5. СП 251.1325800.2016. Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования: дата введения 2017-02-18. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139445> (дата обращения: 09.09.2021). – Текст: электронный.
6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-01-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 13.09.2021). – Текст: электронный.

7. Проблемы и тренды развития светотехники в 2020 году: сайт. – Москва, 2020. – URL: <https://marketelectro.ru/content/svetotehnika-trendi> (дата обращения: 20.09.2021). – Текст: электронный.

8. Классификация источников света. Газоразрядные лампы высокого и низкого давления: сайт. – Москва, 2021. – URL: <http://electricalschool.info/main/lighting/178-klassifikacija-istochnikov-sveta.-chast.html> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.

9. Устройство и особенности лампы КЛЛ: сайт. – Москва, 2019. – URL: <https://vamfaza.ru/kll/> (дата обращения: 15.10.2021). – Текст: электронный.

10. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Письмо №01/6110-17-32. О возможности использования светодиодного освещения: дата введения 2017-05-17. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456071866> (дата обращения: 19.10.2021). – Текст: электронный.

11. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа: дата введения: 2017-03-02. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения: 23.10.2021). – Текст: электронный.

12. Электротехнический интернет-портал: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://www.elec.ru/> (дата обращения: 11.11.2021). – Текст: электронный.

13. Актуальность светодиодного освещения в 2020 году. Экономичность, плюсы и минусы: сайт. – Москва, 2020. – URL: <https://vamfaza.ru/svetodiodnogo-osveshhenija/> (дата обращения: 16.11.2021). – Текст: электронный.

14. Смолина С. И. Мировой опыт формирования школьных зданий на основе энергосберегающих технологий / С. И. Смолина, О. В. Киселева // Творчество и современность. – 2018. – №2. – С. 43-52.

15. На 75% эффективнее. "Ростелеком" провел профилактику "умного освещения" в челябинской школе: сайт. – Москва, 2017. – URL:

[https://www.ruscable.ru/news/2017/09/04/Na\\_75\\_effektivnee\\_Rostelekom\\_provel\\_profilaktiku\\_u/](https://www.ruscable.ru/news/2017/09/04/Na_75_effektivnee_Rostelekom_provel_profilaktiku_u/) (дата обращения: 18.11.2021). – Текст: электронный.

16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 20.11.2021). – Текст: электронный.

17. ГОСТ Р 55842-2013. Освещение аварийное. Классификация и нормы: дата введения 2015-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107497> (дата обращения: 23.11.2021). – Текст: электронный.

18. Изменение №2 к СП 52.13330.2016. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение: дата введения 2022-01-29. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728350512> (дата обращения: 25.11.2021). – Текст: электронный.

19. Правительство Российской Федерации. Постановление №2255. Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения: дата введения 2020-12-24. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230500> (дата обращения: 28.11.2021). – Текст: электронный.

20. Методы расчета искусственного освещения: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://megaobuchalka.ru/7/23621.html> (дата обращения: 02.12.2021). – Текст: электронный.

21. Методы расчета искусственного освещения: сайт. – Москва, 2015. – URL: <https://www.elec.ru/publications/osveschenie/2728/> (дата обращения: 10.12.2021). – Текст: электронный.

22. Правительство Москвы. Москомархитектура. Расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий. Пособие к МГСН 2.06-99 (ТСН 23-302-99): дата введения 1999-10-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005932> (дата обращения: 16.12.2021). – Текст: электронный.

23. Что такое коэффициент использования светового потока и как его рассчитать: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://lampaexpert.ru/osveschenie/chto-takoe-koeffitsient-ispolzovaniya-svetovogo-potoka-i-kak-ego-rasschitat> (дата обращения: 22.12.2021). – Текст: электронный.
24. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Москва: ЦЕНТРМАГ, 2022. – 464 с. – ISBN: 978-5-903086-16-0. – Текст: непосредственный.
25. Изменение №1 к СП 52.13330.2016. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение: дата введения 2020-05-21. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564546644#7DI0K7> (дата обращения: 17.01.2022). – Текст: электронный.
26. Проектирование искусственного освещения общественных и жилых зданий: методическое пособие / И. А. Шмаров, Е. В. Коркина, В. Л. Бражникова, Е. А. Литвинская; Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве. – Москва: ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ, 2016. – 141 с.
27. Диора OFFICE SE 30/3000 opal. Светодиодный офисный светильник: сайт. – Москва, 2022. – URL: [http://ledlamp.pro/office/diora\\_office\\_se\\_30-3000opal/](http://ledlamp.pro/office/diora_office_se_30-3000opal/) (дата обращения: 23.01.2022). – Текст: электронный.
28. Diora NPO SE 40/4800 prism. Светодиодный офисный светильник: сайт. – Москва, 2022. – URL: [http://llamps.ru/office/diora\\_npo\\_se\\_40-4800prism/](http://llamps.ru/office/diora_npo_se_40-4800prism/) (дата обращения: 27.01.2022). – Текст: электронный.
29. Диора OFFICE SE 50/5000 opal светодиодный офисный светильник: сайт. – Москва, 2022. – URL: [http://ledlamp.pro/office/diora\\_office\\_se\\_5000opal/](http://ledlamp.pro/office/diora_office_se_5000opal/) (дата обращения: 04.02.2022). – Текст: электронный.
30. Diora Луна 25/3000 4K: сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://diora.pro/models/diora\\_luna\\_253000\\_4k/](https://diora.pro/models/diora_luna_253000_4k/) (дата обращения: 13.02.2022). – Текст: электронный.

31. Диора LPO/LSP SE20/2800 opal промышленный светодиодный светильник: сайт. – Москва, 2022. – URL:[http://ledlamp.pro/office/diora\\_LPO\\_LSP\\_SE20-2800opal/](http://ledlamp.pro/office/diora_LPO_LSP_SE20-2800opal/) (дата обращения: 19.02.2022). – Текст: электронный.

32. Diora Piton 70/7500 Д opal 3K: сайт. – Москва, 2022. – URL:[https://diora.pro/models/diora\\_piton\\_707500\\_d\\_opal\\_3k/](https://diora.pro/models/diora_piton_707500_d_opal_3k/) (дата обращения: 23.02.2022). – Текст: электронный.

33. Расчет и выбор сетей освещения предприятий: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://ppt-online.org/725787> (дата обращения: 01.03.2022). – Текст: электронный.

34. Сивков А. А. Основы электроснабжения: учебное пособие / А. А. Сивков, Д. Ю. Герасимов, А. С. Сайгаш; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 180 с.

35. Кабель ППГнг(А)-HF (3x1,5): сайт. – Москва, 2022. – URL:[https://e-кc.ru/cena/cable-ppgng-hf-3-1\\_5](https://e-кc.ru/cena/cable-ppgng-hf-3-1_5) (дата обращения: 07.03.2022). – Текст: электронный.

36. Электроснабжение осветительных установок: сайт. – Москва, 2019. – URL: [https://studopedia.net/15\\_5109\\_elektrosnabzhenie-osvetitelnih-ustanovok.html](https://studopedia.net/15_5109_elektrosnabzhenie-osvetitelnih-ustanovok.html) (дата обращения: 19.03.2022). – Текст: электронный.

37. Автоматический выключатель ВА47-29 1P 10А 4,5кА С ИЕК: сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe\\_oborudovanie/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_karat/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_va47\\_29/avtomaticheskie\\_vyklyuchateli\\_va47\\_29\\_khar\\_ka\\_s/avtomaticheskiy\\_vyklyuchatel\\_va47\\_29\\_1r\\_10a\\_4\\_5ka\\_s\\_iek](https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe_oborudovanie/avtomaticheskie_vyklyuchateli/avtomaticheskie_vyklyuchateli_karat/avtomaticheskie_vyklyuchateli_va47_29/avtomaticheskie_vyklyuchateli_va47_29_khar_ka_s/avtomaticheskiy_vyklyuchatel_va47_29_1r_10a_4_5ka_s_iek) (дата обращения: 21.03.2022). – Текст: электронный.

38. Сумарокова Л. П. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие / Л. П. Сумарокова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 288 с.

39. Труба ПЛЛ гибкая гофр. не содержит галогенов: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://away.vk.com/away.php> (дата обращения: 24.03.2022). – Текст: электронный.

40. Монтаж эвакуационного освещения — нормы и ошибки, выбор светильников, схемы подключения галогенов: сайт. – Москва, 2019. – URL: <https://svetosmotr.ru/montazh-evakuatsionnogo-osveshheniya-normy-i-oshibki-vybor-svetilnikov-shemy-podklyucheniya/> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст: электронный.

41. Кабель ППГнг(А)-FRHF (4x1,5): сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://e-кс.ru/cena/cable-ppgng-frhf-4-1\\_5](https://e-кс.ru/cena/cable-ppgng-frhf-4-1_5) (дата обращения: 02.04.2022). – Текст: электронный.

42. Реле Finder в сборе с 2-мя перекидными контактами: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://www.saa.su/product/rele-finder-v-sbore-s-2-mya-perekidnymi-kontaktami-24v-dc-8a/> (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.

43. KM20-20M AC IEK: сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe\\_oborudovanie/dopolnitelnye\\_modulnye\\_ustroystva/dopolnitelnye\\_ustroystva\\_karat/kontaktory\\_modulnye\\_km/kontaktory\\_modulnye\\_km\\_modernizirovannye/kontaktor\\_modulnyy\\_km20\\_20m\\_ac\\_iek](https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe_oborudovanie/dopolnitelnye_modulnye_ustroystva/dopolnitelnye_ustroystva_karat/kontaktory_modulnye_km/kontaktory_modulnye_km_modernizirovannye/kontaktor_modulnyy_km20_20m_ac_iek) (дата обращения: 06.04.2022). – Текст: электронный.

44. Программируемый логический контроллер ВЭСТ-02: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://npowest.ru/index.php> (дата обращения: 07.04.2022). – Текст: электронный.

45. Передача данных в промышленных сетях на основе RS485: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://www.massflow.ru/info/peredacha-dannyh-v-promyshlennyh-setyah-na-osnove-rs485/> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.

46. Интерфейсы RS-485, RS-422 и RS-232: сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_3.aspx](https://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx) (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.

47. Интерфейс RS-485 Основные понятия и определения: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://studbooks.net/854689/tehnika/interfeys> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст: электронный.

48. Расписание уроков. Корпус "Северный парк": сайт. – Томск, 2022. – URL: <http://lyceum.tom.ru/raspsp/index.php> (дата обращения: 16.04.2022). – Текст: электронный.

49. Департамент тарифного регулирования Томской области. Приказ №6-399. О тарифах на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей Томской области на 2022 год: дата введения 2021-12-15. – <https://docs.cntd.ru/document/467975467> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст: электронный.

50. Трудовой кодекс Российской Федерации. Статья 212. Государственные нормативные требования охраны труда и национальные стандарты безопасности труда: дата введения 2022-03-01. – URL: <https://base.garant.ru/12125268/da762a68a9574b563d3f79bbbf5a8070/> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст: электронный.

51. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 15 декабря 2020 года №903н. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: дата введения 2020-12-15. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264184> (дата обращения: 21.04.2022). – Текст: электронный.

52. Трудовой кодекс РФ. Статья 91. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени: дата введения 2022-03-01. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/bd14ccccf0a1f074ef104e82522f7e2dea04d651f/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/bd14ccccf0a1f074ef104e82522f7e2dea04d651f/) (дата обращения: 22.04.2022). – Текст: электронный.

53. Трудовой кодекс РФ. Статья 93. Неполное рабочее время: дата введения 2022-03-01. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/4fc377218364ee95162e6c077045035d75c92c6d/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/4fc377218364ee95162e6c077045035d75c92c6d/) (дата обращения: 23.04.2022). – Текст: электронный.

54. Рабочее время и время отдыха: сайт. – Москва, 2022. – URL: [https://www.profiz.ru/kr/blog/vremya\\_TK/](https://www.profiz.ru/kr/blog/vremya_TK/) (дата обращения: 24.04.2022). – Текст: электронный.

55. Режим рабочего времени: сайт. – Москва, 2022. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/02ad99e78ac94a0f130d9ff5d327da9da98adfa3/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/02ad99e78ac94a0f130d9ff5d327da9da98adfa3/) (дата обращения: 25.04.2022). – Текст: электронный.

56. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 26.04.2022). – Текст: электронный.

57. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда: дата введения 2020-12-02. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583> (дата обращения: 27.04.2022). – Текст: электронный.

58. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 28.04.2022). – Текст: электронный.

59. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользователя: дата введения 2002-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028904> (дата обращения: 29.04.2022). – Текст: электронный.

60. Микроклимат на рабочем месте: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://mir-klimata.info/mikroklimat-na-rabochem-meste-ot-kakih-parametrov-on-zavisit-kategorii-optimalnye-znacheniya-dlya-raznyh-obektov/> (дата обращения: 30.04.2022). – Текст: электронный.

61. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 01.05.2022). – Текст: электронный.

62. Основы электротехники. Конспекты лекций: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://pandia.ru/text/80/494/3079.php> (дата обращения: 02.05.2022). – Текст: электронный.

63. Правительство Российской Федерации. Постановление №2398. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года): дата введения 2020-12-31. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (дата обращения: 03.05.2022). – Текст: электронный.

64. Российская Федерация. Федеральный закон №99-ФЗ (ред. от 18.02.2020) О лицензировании отдельных видов деятельности»: дата введения 2020-03-28. – URL: <http://13.rospotrebnadzor.ru/content/federalnyy-zakon-ot-04052011-no-99-fz-red-ot-18022020-o-licenzirovanii-otdelnyh-vidov> (дата обращения: 04.05.2022). – Текст: электронный.

65. Экологические проблемы, связанные с современной энергетикой, и пути их решения: сайт. – Москва, 2022. – URL: <https://ecologanna.ru/ekologicheskie-problemy/ekologicheskie-problemy-svyazannye-s-sovremennoj-energetikoj> (дата обращения: 05.05.2022). – Текст: электронный.

66. Чрезвычайные ситуации, характерные для городского округа: сайт. – Москва, 2015. – URL: [http://www.voronezh-city.ru/communications/main\\_topics/detail/12620](http://www.voronezh-city.ru/communications/main_topics/detail/12620) (дата обращения: 06.05.2022). – Текст: электронный.

67. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 07.05.2022). – Текст: электронный.

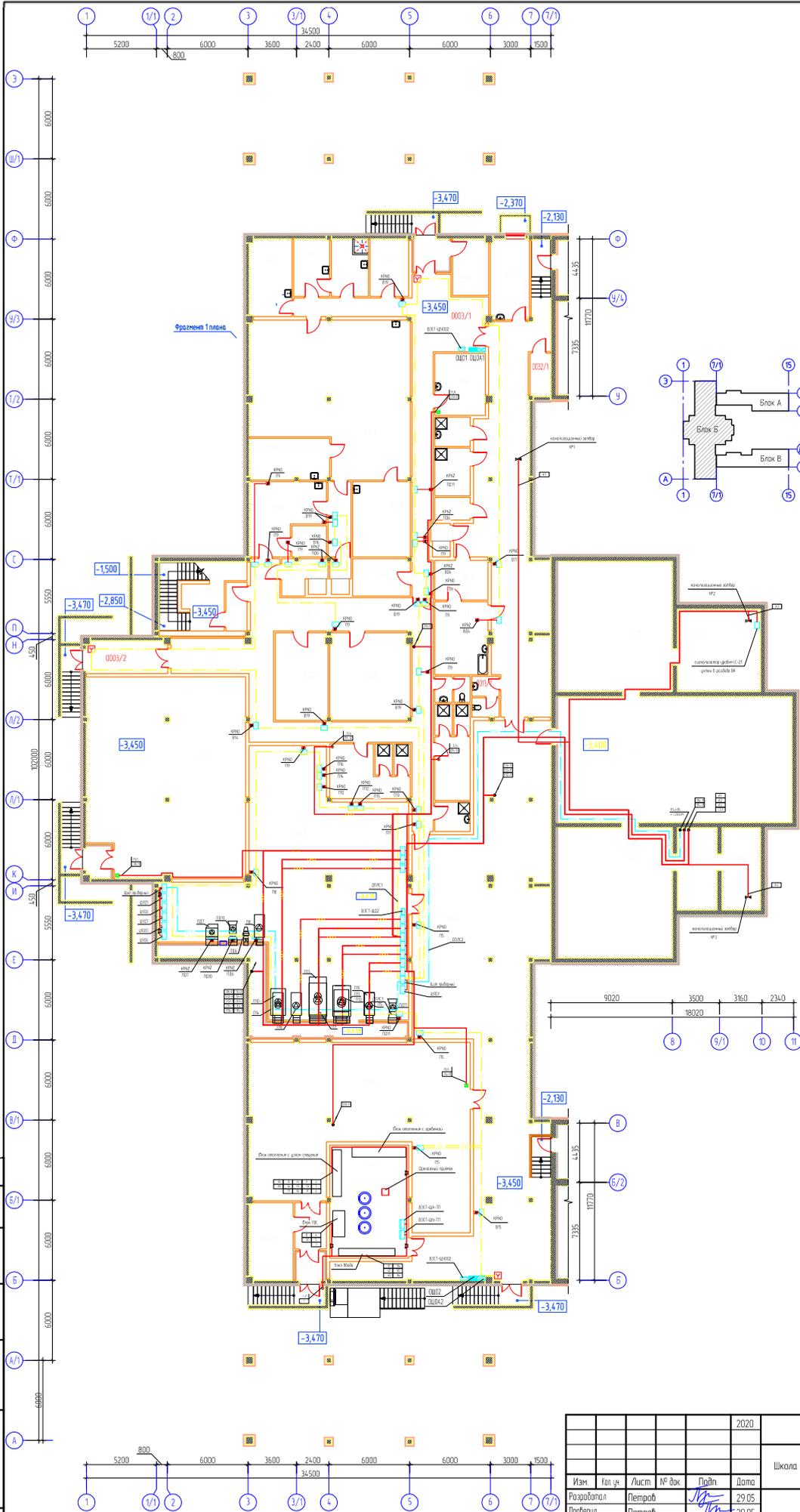
68. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током: сайт. – Москва, 2019. – URL: <https://www.trudohrana.ru/article/103732->

18-m11-klassifikatsiya-pomeshcheniy-po-opasnosti-porajeniya-elektricheskim-tokom (дата обращения: 08.05.2022). – Текст: электронный.

69. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

70. Правительство Российской Федерации. Постановление №1479. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: дата введения 2020-09-16. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565837297> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.

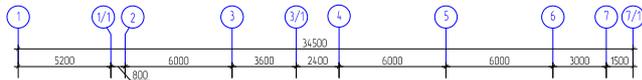
# Приложение А (обязательное)



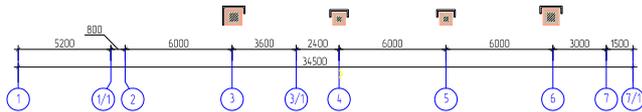
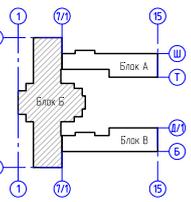
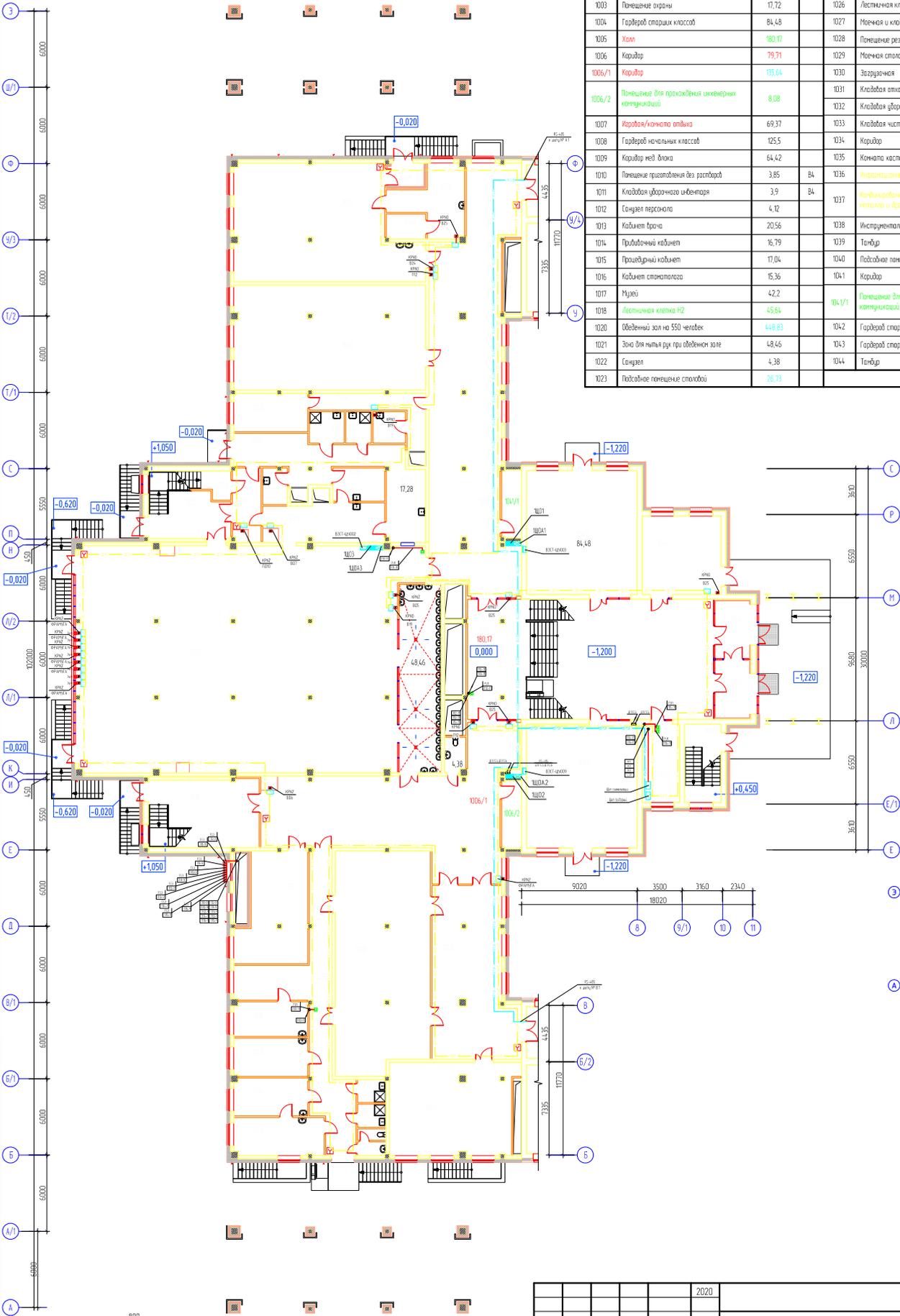
Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кол-во помещений
0001	Лестничная клетка	25,58	
0002	Тандыр-шмаз	5,53	
0003	Коридор	127,27	
0003/1	Коридор	66,28	
0003/2	Тандыр	15,45	
0004	Цех мучных изделий	25,19	B2
0004/1	Помещение микроволновки	5,82	B3
0005	Коридор	9,35	
0006	Тандыр-шмаз	2,25	
0007	Гарячий цех	122,23	B4
0008	Холодный цех	18,18	B4
0009	Мясная криогенная посуда	23,8	Д
0010	Комната персонала	17,1	
0011	Мясной цех	18,15	B4
0012	Кладовая уборочного инвентаря	5,59	B4
0013	Санузел	4,67	
0013/1	Санузел	5,72	
0014	Гардероб персонала	12,22	
0015	Душевая	2,69	
0016	Гардероб персонала	17,41	
0017	Душевая	2,69	
0018	Душевая	2,9	
0019	Помещение зашедшей муки	11,71	
0020	Душевая	2,9	
0021	Тандыр-шмаз	7,1	
0022	Кладовая овощей	12,1	B3
0023	Цех первичной обработки овощей	116,4	B4
0024	Общий цех	11,23	B4
0025	Кладовая сухих продуктов	25,14	B2
0026	Помещение для хранения скоропортящихся продуктов	38,39	B3
0027	Помещение персонала	9,14	
0028	Тандыр	6,33	
0029	Электротехническое помещение	11,05	B4
0029/1	Электротехническое	18,61	B4
0030	Помещение персонала	17,19	
0031	Коридор	122,64	
0032	Кладовая уборочного инвентаря	5,59	B4
0032/1	Помещение для хранения коз инвентаря для уборки территории	4,9	B4
0033	Судельно-завальня	115	B3
0034	Пастеризация	21,17	B3
0035	Тандыр-шмаз	1,83	
0036	Кладовая сырной бели	4,3	B4
0037	Техническое подполье	163,72	
0038	Техническое подполье	82,79	
0039	Техническое подполье	37,76	
0040	Техническое подполье	82,79	
0041	Техническое подполье	17,9	
0042	Техническое подполье	17,4	
0043	Помещение для проведения инженерных коммуникаций	304,87	
0044	ИТП	48,97	Д
0045	Помещение для хранения спортивного инвентаря	175,21	B3
0046	Тандыр	4,43	
0047	Ванная комната (приличная)	236,92	Д
0048	Фармацевта	25,29	
0049	Тандыр	4,34	
0050	Кладовая	171,73	B2
0050/1	Коридор	7,95	
		251,11	

Составлено
Изд. №
Лист №
Взам. инв. №
Подп. и дата
Изд. №

				2020		1910-АОВ
Школа на 1100 мест в д. Кисловка мкр "Северный" Томского района, Томской области						
Изм.	Кол.ч.	Лист	АР вк	Подп.	Дата	Блок Б
Разработал		Петров		М.П.	29.05	
Проверил		Петров		М.П.	29.05	
Рук. проекта		Скрипник А.А.				План цокольного этажа
ГАП		Скрипник Г.А.				
ГИП		Белодуров Д.С.				000 "АКМ-3"
И.контр.		Недосорабов И.В.				

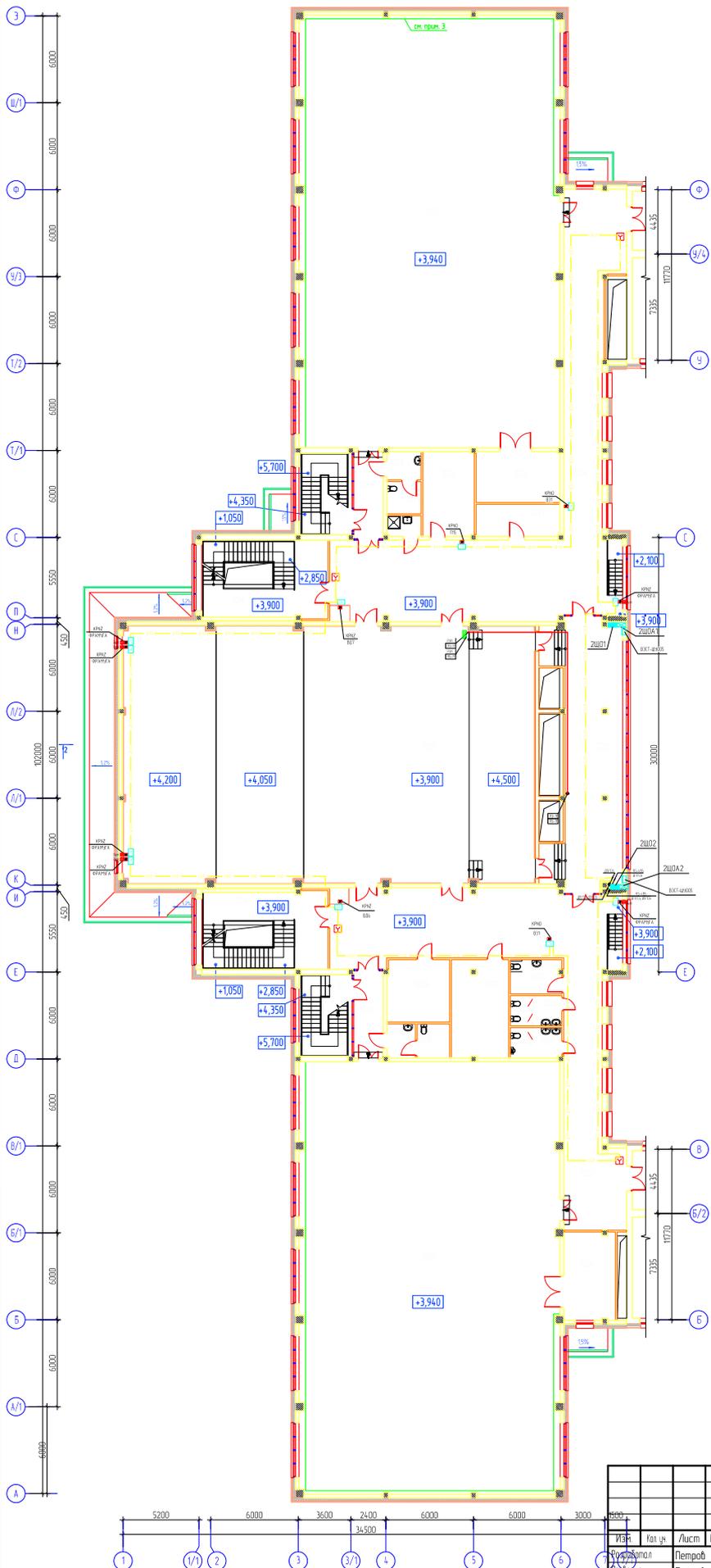
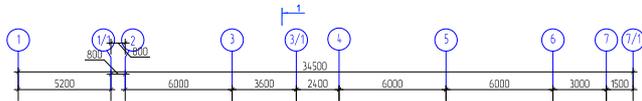


№№ помещений	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. <sup>1</sup> помещения	№№ помещений	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. <sup>1</sup> помещ.
1001	Танбур	14,16		1024	Коридор	17,54	
1002	Лестничная клетка	17,23		1025	Лестничная клетка Н2	22,46	
1003	Помещение охраны	17,72		1026	Лестничная клетка	10,52	
1004	Гардероб старших классов	84,48		1027	Мечеть и кладовая тары	5,29	В4
1005	Комп	180,17		1028	Помещение резки и хранения хлеба	10,39	
1006	Коридор	79,71		1029	Мечеть столовой посуды	17,28	
1006/1	Коридор	195,64		1030	Задвухрядная	32,41	
1006/2	Помещение для прохождения инженерных коммуникаций	8,08		1031	Кладовая отходов	6,54	Д
1007	Кладовая/канцелярия	69,37		1032	Кладовая уборочного инвентаря	4,78	В4
1008	Гардероб начальных классов	125,5		1033	Кладовая чистого белья	6,1	В3
1009	Коридор межд. блока	64,42		1034	Коридор	16,1	
1010	Помещение приготовления для распорядка	3,85	В4	1035	Комната костюмщицы	17,02	
1011	Кладовая уборочного инвентаря	3,9	В4	1036	Информационный центр	122,68	
1012	Санузел персонала	4,12		1037	Компьютерная мастерская по обработке металла и древесины	118,54	В1
1013	Кабинет врача	20,56		1038	Инструментальная	22,5	В3
1014	Прибавочный кабинет	16,79		1039	Танбур	5,16	В4
1015	Проводный кабинет	17,04		1040	Подсобное помещение	5,8	В4
1016	Кабинет стоматолога	15,36		1041	Коридор	194,03	
1017	Музей	42,2		1041/1	Помещение для прохождения инженерных коммуникаций	8,08	
1018	Лестничная клетка Н2	45,64					
1020	Объединенный зал на 550 человек	1448,83		1042	Гардероб старших классов	84,48	
1021	Зона для мытья рук при объединенном зале	48,46		1043	Гардероб старших классов	37,52	
1022	Санузел	4,38		1044	Танбур	14,16	
1023	Подсобное помещение столовой	26,73				2257,72	

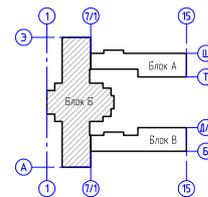


					2020	1910-АОВ			
					Школа на 1100 мест в д. Кисловка мкр. "Северный" Томского района, Томской области				
Изм.	Кол. ч.	Лист	АР. вкл.	Проб.	Дата	Блок Б	Стация	Лист	Листов
Разработал	Петров				29.05		Р	68	
Проверил	Петров				29.05	000 "АКМ-3"			
Рук. проекта	Скрипник А.А.					План 1 этажа			
ГАП	Скрипник Г.А.								
ГИП	Белодуров Д.С.								
И. контр.	Недосорова И.В.								

Создано: \_\_\_\_\_  
 Проверено: \_\_\_\_\_  
 Дата: \_\_\_\_\_  
 № документа: \_\_\_\_\_  
 № листа: \_\_\_\_\_



Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кол. помещений
2001	Коридор	82,37	
2002	Коридор	50,05	
2003	Спортивный зал	530,53	
2004	Скандинавская	21,16	В3
2005	Санузел	7,13	
2006	Санузел	7,75	
2007	Универсальная машина уборной	8,04	
2008	Артистическая	25,99	
2009	Артистическая	18,12	
2010	Коридор	11,98	
2011	Раздевальная для МГН	4,42	
2012	Душевая для МГН	5,04	
2013	Лестничная клетка	20,14	
2014	Лестничная клетка №2	45,64	
2016	Актовый зал на 550 человек	496,89	
2018	Лестничная клетка №2	45,64	
2019	Коридор	11,98	
2020	Лестничная клетка	20,14	
2021	Спортивный зал	530,53	
2022	Скандинавская	19,86	В3
2023	Раздевальная для МГН	4,42	
2024	Душевая для МГН	5,04	
2025	Кладовая уборочного инвентаря	3,22	В4
2026	Артистическая	20,2	В3
2027	Кладовая музыкальных инструментов	12,44	В3
2028	Коридор	171,87	
		2286,99	

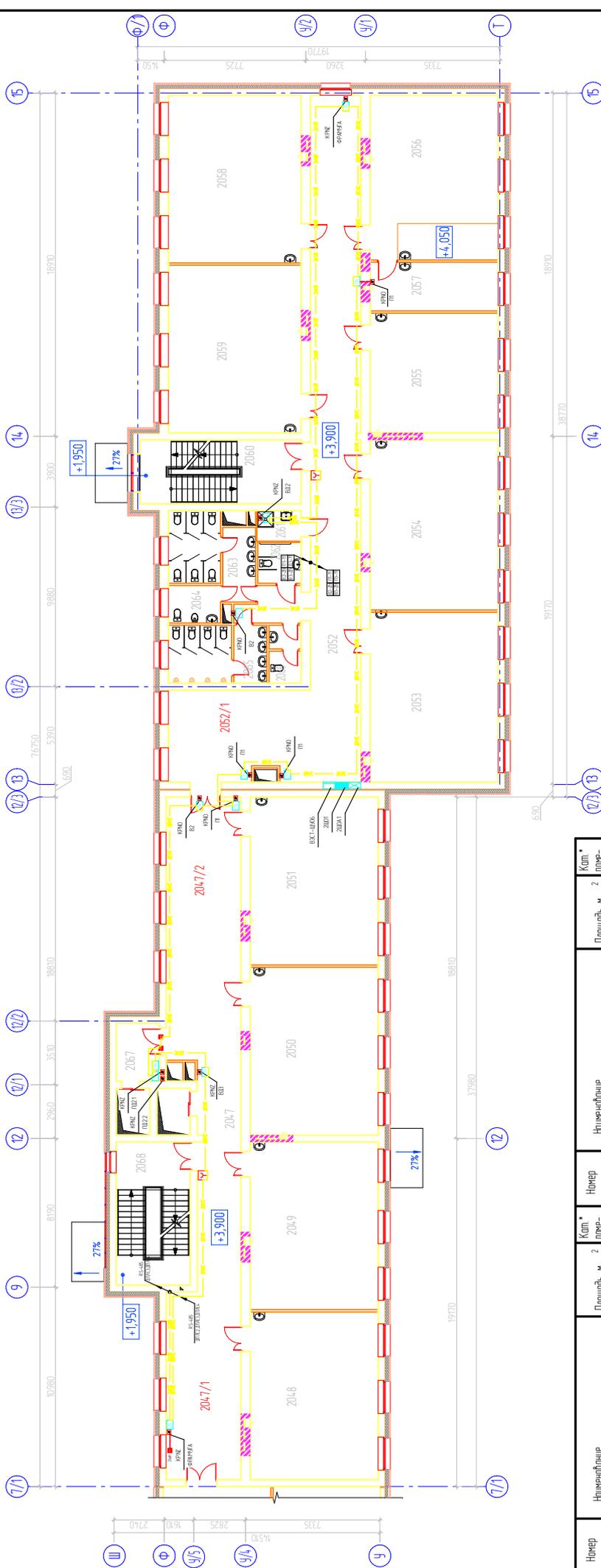


					2020	1910-АОВ			
					Школа на 1100 мест в д. Кисловка мкр. "Северный" Томского района, Томской области				
Исполн	Кол.ч.	Лист	АР.Воз.	Подп.	Дата	Блок Б	Стадия	Лист	Листов
Проектиров	Петров				29.05		Р	70	
Рук. проекта	Скрипник А.А.					План 2 этажа	000 "АКМ-3"		
ГАП	Скрипник Г.А.								
ГИП	Белодубов Д.С.								
И. контр.	Недосорадов И.В.								

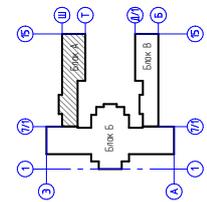
Создано	
Изд. №	
Лист №	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Изд. №	



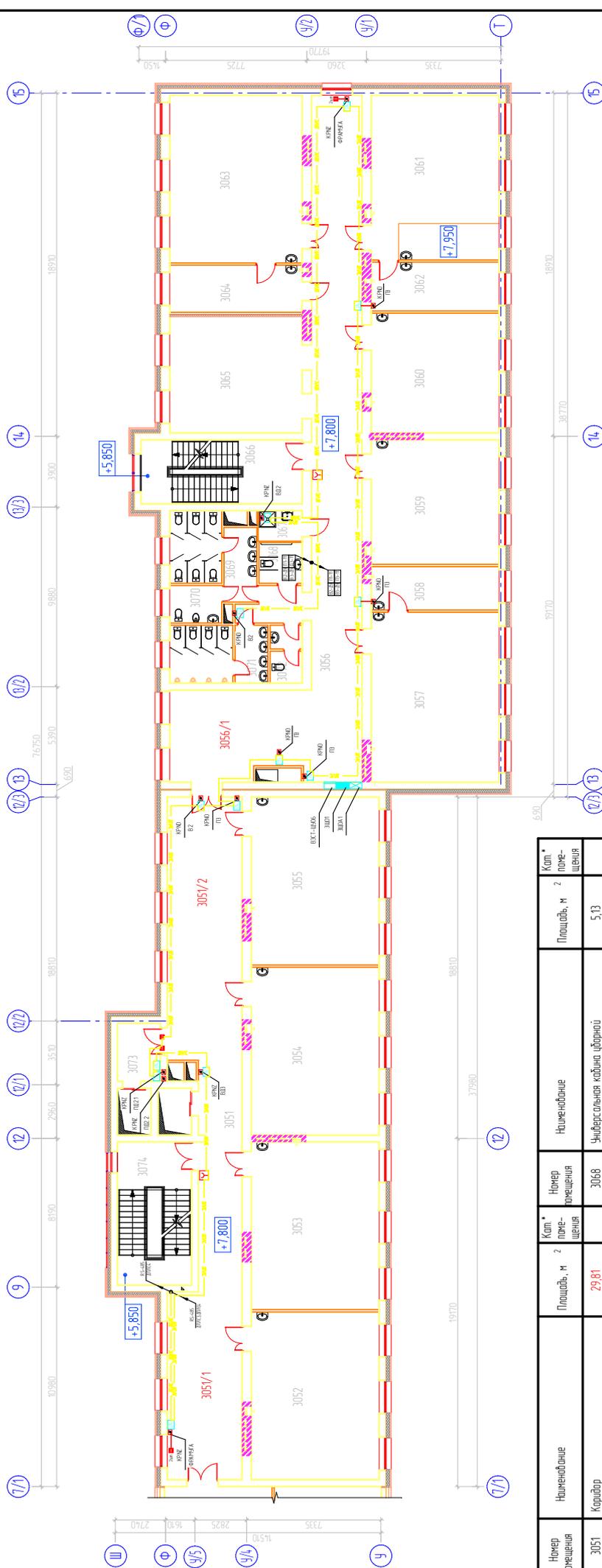




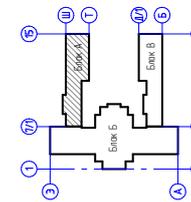
Номер помещения	Наименование	Кат. помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещения
2047	Коридор		29,81	Универсальная кабинета цифровый	5,13	
2047/1	Рекреция		4,161	Санузел	18,25	
2047/2	Рекреция		58,38	Комната личной гигиены женщин	5,68	
2048	Кабинет музыки		63,85	Санузел	16,28	
2049	Кабинет русского языка		63,85	Санузел учителей	5,11	
2050	Кабинет русского языка		63,85	Зона деятельности МГН	7,27	
2051	Кабинет математики		63,99	Лестничная клетка	31,36	
2052	Коридор		108,35			104,334
2052/1	Рекреция		37,61			
2053	Кабинет математики		64,75			
2054	Кабинет обществознания		64,75			
2055	Кабинет иностранного языка		45,53			
2056	Кабинет биологии		62,67			
2057	Лаборантская кабинета биологии		18,39			В3
2058	Кабинет рисования		66,24			
2059	Информационный центр		66,24			
2060	Лестничная клетка Н2		30,48			
2061	Классовая цифрового информатика		3,91			В4



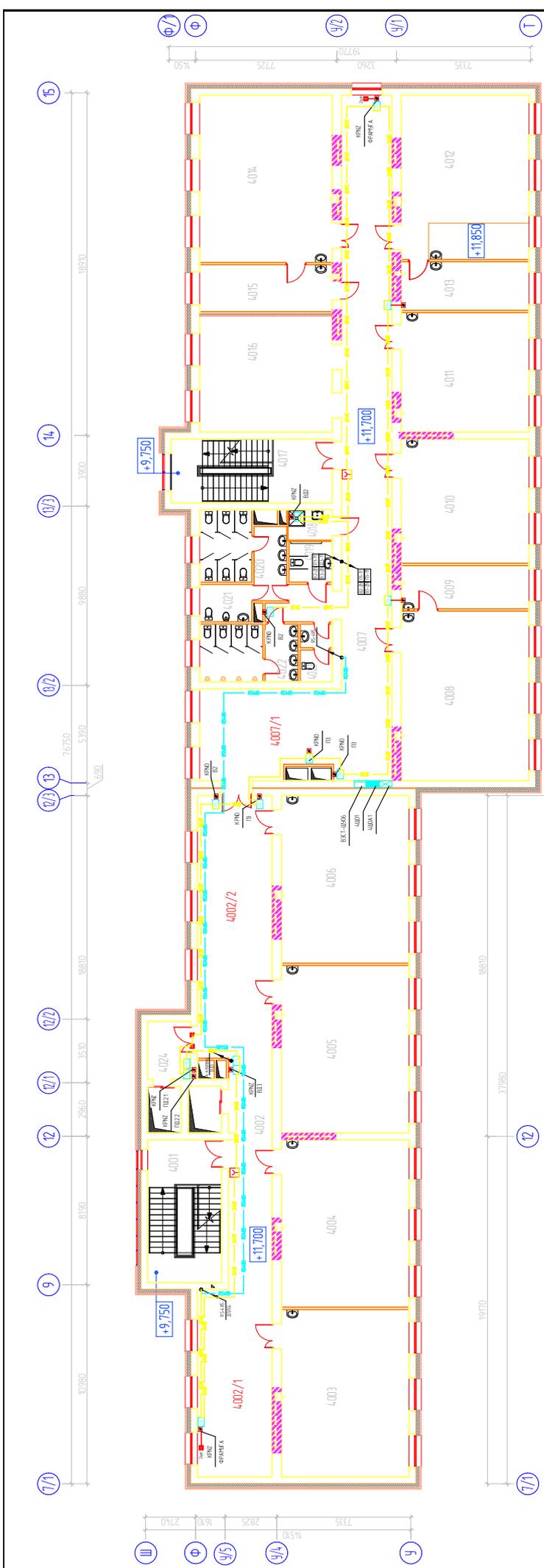
1910-А0В		2020		16.09		29.05		29.05	
Школа на 1100 мест в п. Кустовка мкр. "Северный" Томского района, Томской области		Зам		Подп.		Подп.		Подп.	
Изм. 1		Коп. 1/ч		№ док		№ док		№ док	
Разработал		Лист		Лист		Лист		Лист	
Проверил		Лист		Лист		Лист		Лист	
Рук. проекта		Лист		Лист		Лист		Лист	
ГАП		Лист		Лист		Лист		Лист	
ГИП		Лист		Лист		Лист		Лист	
Н. контр.		Лист		Лист		Лист		Лист	
Блок А		Р		63		Лист		Лист	
План 2 этажа		000 "АКМ-3"							



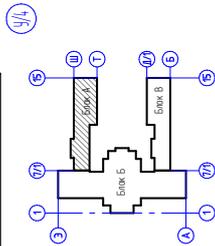
№ п/п	Наименование	№ помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кол-во помещений
3051	Коридор	3068	Универсальная кабина уборной	5,13	1
3051/1	Рекреация	3069	Санузел	18,25	1
3051/2	Рекреация	3070	Комната личной гигиены женщин	5,68	1
3052	Кабинет русского языка	3071	Санузел	16,28	1
3053	Кабинет русского языка	3072	Санузел учителей	5,11	1
3054	Кабинет математики	3073	Зона безопасности МПН	7,27	1
3055	Кабинет математики	3074	Лестничная клетка	31,36	1
3056	Коридор			108,35	
3056/1	Рекреация			36,55	
3057	Кабинет истории			64,75	
3058	Лаборантская кабинета истории			16,31	В3
3059	Кабинет иностранного языка			47,33	
3060	Кабинет иностранного языка			45,53	
3061	Кабинет физики			62,67	
3062	Лаборантская кабинета физики			18,39	В3
3063	Кабинет информатики			66,24	
3064	Лаборантская кабинета информатики			18,43	В3
3065	Зона рекреация			45,94	
3066	Лестничная клетка №2			30,48	
3067	Кабинет уборочного инвентаря			3,91	В4
<b>Итого:</b>					<b>1089,30</b>



1910-А0В		2020							
Школа на 1100 мест в п. Кузлавка мкр. "Северный" Томского района, Томской области									
1	Изм.	Зом	№ док	Дата					
	Разработал	Петраб	Петраб	29.05					
	Проверил	Петраб	Петраб	29.05					
	Рук. проекта	Скрипник А.А.							
	ГАП	Скрипник Г.А.							
	ГИП	Белодуб Д.С.							
	Н. контр.	Найздобова Н.В.							
				Блок А		Лист		Листов	
						Р		64	
				План 3 этажа		000 "АКМ-3"			



Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещения	Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещения
4.001	Лестничная клетка	31,36	ВК	4.008	Кабинет уборочного инвентаря	3,91	ВК
4.002	Коридор	29,81		4.009	Универсальная кабинета уборной	5,13	
4.002/1	Рекреация	4,161		4.020	Санузел	18,25	
4.002/2	Рекреация	58,38		4.021	Комната личной гигиены женщин	5,68	
4.003	Кабинет русского языка	63,85		4.022	Санузел	16,28	
4.004	Кабинет русского языка	63,85		4.023	Санузел учителей	5,11	
4.005	Кабинет математики	63,85		4.024	Звона дежурности МПН	7,27	
4.006	Кабинет математики	63,99					
4.007	Коридор	108,35					
4.007/1	Рекреация	36,55					
4.008	Кабинет истории	64,75					
4.009	Лаборантская кабинета истории	16,31	В3				
4.010	Кабинет иностранного языка	47,33					
4.011	Кабинет иностранного языка	45,53					
4.012	Кабинет физики	62,67					
4.013	Лаборантская кабинета физики	18,39	В3				
4.014	Кабинет информатики	66,24					
4.015	Лаборантская кабинета информатики	18,43	В3				
4.016	Рекреация	45,94					
4.017	Лестничная клетка №2	30,48					
						1039,30	



1910-А0В		2020		2020		2020		2020		2020	
Изм.	№ инв.	Зам.	№ док.	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата
Разработал	Петрабов	Проверил	Петрабов	Исполн.	29.05	Исполн.	29.05	Исполн.	29.05	Исполн.	29.05
Рук. проекта	Скрипник А.А.	ГАП	Скрипник Г.А.	Исполн.		Исполн.		Исполн.		Исполн.	
ГИП	Белодуб Д.С.	Исполн.	Белодуб Д.С.	Исполн.		Исполн.		Исполн.		Исполн.	
Н. контр.	Найзодово Н.В.	Исполн.	Найзодово Н.В.	Исполн.		Исполн.		Исполн.		Исполн.	
				Блок А				000 "АКУМ-3"			
				План 4. этажа							
				Школа на 1100 мест в п. Кузлавка мкр. "Северный" Томского района, Томской области							
				Лист				Листов			
				Р				65			







**Приложение Б  
(обязательное)**

Таблица Б.1 – Сводная таблица расчетных параметров световой среды некоторых помещений рассматриваемой школы

Наименование	№ помещения	$E_{n\ min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%*}$ , лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora							
Блок Б 1 этаж																					
Коридор	1006		5,143	13,714	70,53	2,83	0,89	0,9	0,51	9	3152,0	2836,8	3782,4	Office SE 30/3000 opal*							
			1,720	5,337	79,71																
Холл	1005	150	9,000	20,019	180,17		2,19	2,25	0,76	16	2689,2	2420,3	3227,1								
Лестничная клетка	1002	100	3,000	5,743	17,23	3,75	0,53	0,5	0,28	2	3722,9	3350,6	4467,5	NPO SE 40/4800 prism							
	1018		5,325	8,571	45,64		0,88	0,9	0,51	3	3709,4	3348,5	4431,3								
	1025		3,494	6,429	22,46		0,60	0,6	0,28	2	4852,9	4367,6	5823,5								
	1026		1,636	6,429	10,52		0,35	0,5	0,28	1	4546,0	4091,4	5455,2								
Коридор	1041	150	4,290	4,290	18,40	2,83	0,77	0,8	0,49	21	3246,0	2921,4	3895,2	Office SE 30/3000							
			2,900	2,900	26,81																
			18,420	5,300	124,44																
			6,430	5,300	158,52																
	4,710	5,416	184,03																		
	1034	150	7,031	2,290	16,10										0,59	0,6	0,35	3	2783,0	2504,7	3339,6
1009	150	6,392	10,078	64,42	1,38	1,5	0,64	7	2609,9	2348,9	3131,8										
Блок Б 2 этаж																					
Коридор	2001	150	3,857	21,356	82,37	2,83	1,15	1,25	0,59	8	3167,4	2850,7	3800,9	Office SE 30/3000							
	2002		3,000	12,000	36,000										1,17	1,25	0,59	15	3095,8	2786,2	3714,9
			4,500	6,000	63,000																
			22,714	3,872	150,95																
	2019		2,400	4,992	11,98										0,57	0,6	0,35	2	3106,2	2795,6	3727,5
	2028		3,000	24,000	72,00										1,52	1,75	0,68	18	2639,0	2375,1	3166,8
5,550		19,049	178,00																		

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н min}$ , лк	A, м	B, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%*}$ , лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Раздевальная	2011	150	4,564	0,968	4,42	2,83	0,28	0,5	0,28	1	2865,1	2578,6	3438,1	LPO/LSP SE 20/2800 opal
	2023		4,564	0,968	4,42		0,28	0,5	0,28	1	2865,1	2578,6	3438,1	
Уборная	2012	150	1,630	3,092	5,04	2,83	0,38	0,5	0,28	1	3267,0	2940,3	3920,4	LPO/LSP SE 20/2800
	2024		1,630	3,092	5,04		0,38	0,5	0,28	1	3267,0	2940,3	3920,4	
Блок Б 3 этаж														
Лестничная клетка	3013	10	3,600	6,756	24,32	3,75	0,63	0,6	0,35	2	4203,9	3783,5	5044,7	NPO SE 40/4800 prism
	3026		3,600	6,756	24,32		0,63	0,6	0,35	2	4203,9	3783,5	5044,7	
Коридор	3012	150	2,400	6,000	14,40	2,83	0,89	0,9	0,51	11	2510,3	2259,2	3012,3	Office SE 30/3000
			12,000	1,598	33,58									
			3,000	6,000	51,58									
			4,500	5,780	77,59									
	3025		5,433	2,400	13,04		0,67	0,7	0,44	14	3216,0	2894,4	3859,2	Office SE 30/3000
			12,000	1,598	32,22									
			3,000	15,340	78,24									
			1,500	20,600	109,14									
	3002		5,500	3,857	21,21		0,65	0,7	0,44	8	2709,1	2438,2	3250,9	Office SE 30/3000
			15,000	2,089	52,54									
	3015		5,500	3,857	21,21		0,65	0,7	0,44	8	2709,1	2438,2	3250,9	Office SE 30/3000
			15,000	2,089	52,54									
Блок Б цокольный этаж														
Коридор	0003	150	2,553	11,537	29,46	2,83	0,59	0,6	0,35	17	3272,2	2945,0	3926,6	Office SE 30/3000
			2,250	13,714	60,31									
			1,714	13,787	83,95									
			1,714	14,593	107,27									

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%*}$ , лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Коридор	0031	150	3,600	3,000	10,80	2,83	1,32	1,5	0,64	10	3478,0	2930,2	4173,6	Office SE 30/3000
			4,050	8,143	43,78									
			5,850	2,143	56,32									
			4,050	7,714	87,56									
			3,000	3,857	99,13									
			4,286	2,250	122,64									
Тамбур	0028	100	2,786	2,272	6,33	2,83	0,44	0,5	0,28	1	2735,4	2461,9	3282,5	Office SE 30/3000
Блок А 1 этаж														
Коридор	1081	150	2,140	5,580	11,94	2,83	0,50	0,5	0,28	2	3870,2	3483,2	4644,3	Office SE 50/5000
	1078		2,825	11,788	33,30		0,81	0,8	0,49	3	4111,5	3700,4	4933,8	
	1084		3,260	33,236	108,35		1,05	1,1	0,56	8	4389,6	3950,7	5267,6	
Лестничная клетка	1092	100	3,900	7,815	30,48	3,75	0,69	0,7	0,44	2	4191,0	3771,9	5029,2	NPO SE 40/4800 prism
	1100		4,350	7,209	31,35		0,72	0,7	0,44	2	4312,0	3880,8	5174,4	
Кладовая	1093	150	1,630	2,399	3,91	2,83	0,34	0,5	0,28	1	2534,5	2281,1	3041,4	Луна 25/3000
Уборная	1094	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	Office SE 50/5000
	1096		1,956	2,904	5,86		0,41	0,5	0,28	1	3681,9	3313,7	4418,2	
Санузел	1095	150	4,238	4,306	18,25	2,83	0,75	0,7	0,44	2	3764,1	3387,7	4516,9	Office SE 50/5000
	1097	75	1,956	8,323	16,28		0,56	0,5	0,28	1	5276,5	4748,8	6331,8	
	1098	150	1,630	3,135	5,11		0,38	0,5	0,28	1	3312,4	2981,1	3974,9	
Зона безопасности	1099	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	Office SE 50/5000
Помещение узла связи	1101	500	1,304	1,572	2,05	2,83	0,25	0,5	0,28	1	4429,5	3986,5	5315,4	Office SE 50/5000
Блок А 2 этаж														
Коридор	2047	150	2,825	10,552	29,81	2,83	0,79	0,8	0,49	3	3680,6	3312,6	4416,7	Office SE 50/5000
	2052		3,260	33,236	108,35		1,05	1,0	0,54	9	4046,4	3641,8	4855,7	

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н\ min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%}$ *, лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Кладовая	2061	150	1,630	2,399	3,91	2,83	0,34	0,5	0,28	1	2534,5	2281,1	3041,4	Луна 25/3000
Уборная	2062	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	Office SE 50/5000
	2064	150	1,956	2,904	5,86	2,83	0,41	0,5	0,28	1	3681,9	3313,7	4418,2	
Санузел	2063	100	4,238	4,306	18,25	2,83	0,75	0,7	0,44	1	5018,8	4516,9	6022,5	Office SE 50/5000
	2065	75	1,956	8,323	16,28	2,83	0,56	0,5	0,28	1	5276,5	4748,8	6331,8	
	2066	150	1,630	3,135	5,11	2,83	0,38	0,5	0,28	1	3312,4	2981,1	3974,9	
Зона безопасности	2067	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	Office SE 50/5000
Блок А 3 этаж														
Коридор	3051	150	2,825	10,552	29,81	2,83	0,79	0,8	0,49	3	3680,6	3312,6	4416,7	Office SE 50/5000
	3056		3,260	33,236	108,35		1,05	1,0	0,54	9	4046,4	3641,8	4855,7	
Рекреация	3065	200	6,392	7,187	45,94	2,83	1,20	1,25	0,59	4	4710,8	4239,7	5653,0	Office SE 50/5000
Кладовая	3067	150	1,630	2,399	3,91	2,83	0,34	0,5	0,28	1	2534,5	2281,1	3041,4	Луна 25/3000
Уборная	3068	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	Office SE 50/5000
	3070	150	1,956	2,904	5,68	2,83	0,41	0,5	0,28	1	3681,9	3313,7	4418,2	
Санузел	3069	100	4,238	4,306	18,28	2,83	0,75	0,7	0,44	1	5018,8	4516,9	6022,5	Office SE 50/5000
	3071	75	1,956	8,323	16,28	2,83	0,56	0,5	0,28	1	5276,5	4748,8	6331,8	
	3072	150	1,630	3,135	5,11	2,83	0,38	0,5	0,28	1	3312,4	2981,1	3974,9	
Зона безопасности	3073	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	Office SE 50/5000
Блок А 4 этаж														
Коридор	4007	150	3,260	33,236	108,35	2,83	1,05	1,1	0,56	8	4389,6	3950,7	5267,6	Office SE 50/5000
	4002		2,825	10,552	29,81	2,83	0,79	0,8	0,49	3	3680,6	3312,6	4416,7	

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н\ min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%}$ *, лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Рекреация	4016	200	6,392	7,187	45,94	2,83	1,20	1,25	0,59	4	4710,8	4239,7	5653,0	Office SE 50/5000
Кладовая	4018	150	1,630	2,399	3,91	2,83	0,34	0,5	0,28	1	2534,5	2281,1	3041,4	Луна 25/3000
Уборная	4021	150	1,956	2,904	5,68	2,83	0,41	0,5	0,28	1	3681,9	3313,7	4418,2	Office SE 50/5000
	4019	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	
Санузел	4023	150	1,630	3,135	5,11	2,83	0,38	0,5	0,28	1	3312,4	2981,1	3974,9	Office SE 50/5000
	4020	100	4,238	4,306	18,28		0,75	0,7	0,44	1	5018,8	4516,9	6022,5	
	4022	75	1,956	8,323	16,28		0,56	0,5	0,28	1	5276,5	4748,8	6331,8	
Зона безопасности	4024	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	Office SE 50/5000
Блок В 1 этаж														
Коридор	1046	150	2,825	24,138	68,19	2,83	0,89	0,9	0,51	5	4853,5	4368,2	5824,2	Office SE 50/5000
	1049		2,140	7,335	11,94		0,50	0,5	0,28	2	3870,2	3483,2	4644,3	
Холл	1054		12,600	1,610	20,64		0,51	0,5	0,28	3	4459,7	4013,7	5351,7	
Лестничная клетка	1074	100	3,830	7,958	30,48	3,75	0,69	0,7	0,44	2	4191,0	3771,9	5029,2	NPO SE 40/4800 prism
	1076		4,350	7,209	31,35		0,72	0,7	0,44	2	4312,0	3880,8	5174,4	
Игровая комната	1047	400	9,454	6,754	63,85	2,83	1,39	0,5	0,64	10	4828,7	4345,8	5794,4	Office SE 50/5000
	1048		7,172	6,832	49,00		1,24	1,25	0,59	9	4466,3	4019,7	5359,5	
Зал оздоров. занятий	1055	300	18,908	9,989	188,88	2,83	2,31	2,5	0,79	16	5424,3	4881,9	6509,2	Office SE 50/5000
Санузел	1060	100	2,445	4,503	11,01	2,83	0,56	0,5	0,28	1	4757,9	4282,1	5709,5	Office SE 50/5000
	1070	75	4,238	4,261	18,06		0,75	0,7	0,44	1	3724,9	3352,4	4469,9	
Санузел	1071	150	2,282	2,515	5,74	2,83	0,42	0,5	0,28	1	3720,8	3348,7	4464,9	Office SE 50/5000
	1072	75	2,445	6,810	16,65	2,83	0,64	0,6	0,35	1	4317,1	3885,4	5180,5	
	1073	150	3,196	1,636	5,23		0,38	0,5	0,28	1	3390,2	3051,1	4068,2	

Продолжение таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н\ min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%}$ *, лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Раздевальная	1062	150	2,282	1,924	4,39	2,83	0,37	0,5	0,28	1	2845,7	2561,1	3414,8	Office SE 30/3000
Душевая	1063	150	2,282	2,336	5,33	2,83	0,41	0,5	0,28	1	3455,0	3109,5	4146,0	Office SE 50/5000
Кладовая	1068	150	1,598	2,309	3,69	2,83	0,33	0,5	0,28	1	2391,9	2152,7	2870,3	Луна 25/3000
	1065		2,282	3,339	7,62		0,48	0,5	0,28	1	4939,4	4445,5	5927,3	Office SE 50/5000
Уборная	1069	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	Office SE 50/5000
Помещение узла связи	1077	500	1,304	1,572	2,05	2,83	0,25	0,5	0,28	1	4429,5	3986,5	5315,4	Office SE 50/5000
Блок В 2 этаж														
Коридор	2029	150	2,825	24,138	68,19	2,83	0,89	0,9	0,51	5	4853,5	4368,2	5824,2	Office SE 50/5000
Кладовая	2038	150	1,598	2,309	3,69	2,83	0,33	0,5	0,28	1	2391,9	2152,7	2870,3	Луна 25/3000
Кладовая	2041	150	2,282	2,515	5,74	2,83	0,42	0,5	0,28	1	3720,8	3348,7	4464,9	Office SE 50/5000
Санузел	2040	75	4,238	4,261	18,06	2,83	0,75	0,7	0,44	1	3724,9	3352,4	4469,9	
Санузел	2042	75	2,445	6,810	16,65	2,83	0,64	0,6	0,35	1	4317,1	3885,4	5180,5	Office SE 50/5000
	2043	150	3,196	1,636	5,23		0,38	0,5	0,28	1	3390,2	3051,1	4068,2	
Уборная	2039	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	
Зона безопасности	2045	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	
Блок В 3 этаж														
Коридор	3029	150	2,825	24,138	68,19	2,83	0,89	0,9	0,51	5	4853,5	4368,2	5824,2	Office SE 50/5000
Кладовая	3042	150	1,598	2,309	3,69	2,83	0,33	0,5	0,28	1	2391,9	2152,7	2870,3	Луна 25/3000

Окончание таблицы Б.1

Наименование	№ помещения	$E_{н\ min}$ , лк	А, м	В, м	S, м <sup>2</sup>	Высота подвеса, м	$i_p$ , о.е.	$i$ , о.е.	$\eta$ , о.е.	N, шт	$F_p$ , лм	$F_{-10\%}$ *, лм	$F_{+20\%}$ , лм	Светильник Diora
Кладовая	3045	150	2,282	2,515	5,74	2,83	0,42	0,5	0,28	1	3720,8	3348,7	4464,9	Office SE 50/5000
Уборная	3043	150	3,912	1,311	5,13	2,83	0,35	0,5	0,28	1	3325,3	2992,8	3990,4	
Санузел	3044	75	4,238	4,261	18,06	2,83	0,75	0,7	0,44	1	3724,9	3352,4	4469,9	Office SE 50/5000
	3046	75	2,445	6,810	16,65		0,64	0,6	0,35	1	4317,1	3885,4	5180,5	
Санузел	3047	150	3,196	1,636	5,23	2,83	0,38	0,5	0,28	1	3390,2	3051,1	4068,2	Office SE 50/5000
Зона безопасности	3049	150	2,282	3,186	7,27	2,83	0,47	0,5	0,28	1	4712,5	4241,3	5655,0	

Примечание:

\* $F_{-10\%}$  и  $F_{+20\%}$  – диапазон светового потока в пределах -10% и +20% относительно расчетного значения, соответственно;

\*\*Office SE 30/3000 opal, Office SE 50/5000 opal далее Office SE 30/3000 и Office SE 50/5000, соответственно.

## Приложение В

(обязательное)

Таблица В.1 – Сводная таблица электрических нагрузок осветительной сети

Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А	Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А	Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А
<i>БЛОК А 1 ЭТАЖ (1ЩО1, 1ЩОА1)</i>				<i>БЛОК Б ЦОКОЛЬНЫЙ ЭТАЖ (0ЩО1, 0ЩОА1)</i>				<i>БЛОК Б 3 ЭТАЖ (3ЩО1, 3ЩОА1)</i>			
гр. 3	1078, 1081	0,500	2,47	гр. 3	0003	0,600	2,96	гр. 3	3015	0,190	0,94
гр. 7	1084	0,400	1,98	гр. 7	0031	0,210	1,04	гр. 4	3025	0,240	1,19
гр. 8	1093-1098	0,274	1,35	гр. 2А	0028, 0031	0,204	1,01	гр. 2А	3015	0,136	0,67
гр. 9	1100	0,200	0,99	гр. 3А	0003	0,390	1,93	гр. 3А	3025, 3026	0,274	1,35
гр. 10	1092	0,500	2,53	<i>БЛОК Б 1 ЭТАЖ (1ЩО1, 1ЩОА1)</i>				<i>БЛОК Б 3 ЭТАЖ (3ЩО2, 3ЩОА2)</i>			
гр. 1А	1101, 1078, 1081, 1099	0,446	2,20	гр. 4	1041	0,56	2,770	гр. 3	3002	0,190	0,94
гр. 2А	1084	0,250	1,24	гр. 2А	1005, 1034, 1041	0,246	1,220	гр. 4	3012	0,420	2,08
гр. 3А	1094, 1095, 1097	0,218	1,08	гр. 5А	1002	0,078	0,39	гр. 2А	3012	0,216	1,07
гр. 4А	1100	0,256	1,26	<i>БЛОК Б 1 ЭТАЖ (1ЩО2, 1ЩОА2)</i>				гр. 3А	3012, 3013	0,244	1,21
гр. 5А	1092	0,309	1,53	гр. 3	1009	0,200	1,04	<i>БЛОК В 1 ЭТАЖ (1ЩО1, 1ЩОА1)</i>			
<i>БЛОК А 2 ЭТАЖ (2ЩО1, 2ЩОА1)</i>				гр. 5	1006	0,240	1,19	гр. 3	1046	0,500	2,47
гр. 3	2047	0,400	1,98	гр. 6	1018	0,328	1,62	гр. 7	1046	0,150	0,74
гр. 7	2052	0,400	1,98	гр. 8	1005	0,320	1,58	гр. 8	1068, 1070, 1072, 1073	0,274	1,35
гр. 8	2061-2066	0,274	1,35	гр. 2А	1009	0,180	0,89	гр. 9	1076	0,160	0,79
гр. 1А	2047, 2067	0,286	1,41	гр. 4А	1006	0,174	0,86	гр. 10	1074	0,973	4,81
гр. 2А	2052	0,250	1,24	гр. 5А	1005	0,240	1,19	гр. 1А	1046-1049, 1077	0,896	4,43
гр. 3А	2062, 2063, 2065	0,218	1,08	гр. 8А	1018	0,122	0,60	гр. 2А	1054, 1055, 1060, 1062, 1063, 1065	1,086	5,37

Окончание таблицы В.1

Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А	Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А	Номер на плане	Номер помещений	Рр гр, кВт	Ин гр, А
<i>БЛОК А 3 ЭТАЖ (3ЦО1, 3ЦОА1)</i>				<i>БЛОК Б 1 ЭТАЖ (1ЦО3, 1ЦОА3)</i>				гр. 3А	1046, 1069-1072	0,418	2,07
гр. 3	3051	0,400	1,98	гр. 5	1026	0,328	1,62	гр. 4А	1076	0,202	1,00
гр. 7	3056	0,400	1,98	гр. 4А	1025	0,464	2,29	гр. 5А	1074	0,265	1,31
гр. 8	3065, 3067-3072	0,274	1,35	<i>БЛОК Б 2 ЭТАЖ (2ЦО1, 2ЦОА1)</i>				<i>БЛОК В 2 ЭТАЖ (2ЦО1, 2ЦОА1)</i>			
гр. 1А	3051, 307	0,286	1,41	гр. 3	2028	0,150	0,74	гр. 3	2029	0,400	1,98
гр. 2А	3056	0,250	1,24	гр. 5	2001	0,390	1,93	гр. 7	2029, 2038, 2040, 2042, 2043	0,424	2,09
гр. 3А	3065, 3068, 3069, 3071	0,218	1,08	гр. 1А	2021, 2023, 2024	0,356	1,76	гр. 1А	2029, 2045	0,286	1,41
<i>БЛОК А 4 ЭТАЖ (4ЦО1, 4ЦОА1)</i>				гр. 2А	2028	0,126	0,62	гр. 3А	2029, 2039-2042	0,418	2,07
гр. 3	4002	0,400	1,98	гр. 3А	2001, 2019	0,216	1,07	<i>БЛОК В 3 ЭТАЖ (3ЦО1, 3ЦОА1)</i>			
гр. 7	4007	0,400	1,98	<i>БЛОК Б 2 ЭТАЖ (2ЦО2, 2ЦОА2)</i>				гр. 3	3029	0,400	1,98
гр. 8	4016, 4018-4023	0,474	2,34	гр. 3	2002	0,120	0,59	гр. 7	3029, 3042, 3044, 3046, 3047	0,424	2,09
гр. 1А	4002, 4024	0,286	1,41	гр. 5	2001	0,420	2,08	гр. 1А	3029, 3049	0,286	1,41
гр. 2А	4007	0,250	1,24	гр. 1А	2003, 2011, 2012	0,356	1,76	гр. 3А	3029, 3043-3046	0,418	2,07
гр. 3А	4016, 4019, 4020, 4022	0,318	1,57	гр. 2А	2002	0,096	0,47				
				гр. 3А	2001	0,138	0,68				

**Приложение Г  
(обязательное)**

Таблица Г.1 – Сводная таблица расчета и выбора проводников и электротехнических гофрированных труб

1	Эл. нагрузка		Кабель	По нагреву Условие	По срабатыванию АВ при КЗ				Аппарат защиты	Кабель		Электротехническая труба			
	2	3			4	5	1 условие			2 условие		10	11	12	Данные
№гр.	Рр, кВт	I <sub>н</sub> /К <sub>п</sub> , А	I <sub>доп</sub> , А	4 ≥ 3	I <sub>н.АВ</sub> , А	6 ≥ 3	I <sub>н.расц</sub> ·Кз/Кп	4 ≥ 8	Тип ВА	Тип	D <sub>н.к</sub> , мм	D <sub>н.т</sub> , мм	D <sub>в.т</sub> , мм	1,65·D <sub>н.к</sub>	14 ≥ 15
<i>1ЩО1, 1ЩОА1 (БЛОК А)</i>															
3	0,500	2,47	21	21 ≥ 2,47	10	10 ≥ 2,47	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
7	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
8	0,274	1,35	21	21 ≥ 1,35	10	10 ≥ 1,35	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
9	0,200	0,99	21	21 ≥ 0,99	10	10 ≥ 0,99	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
10	0,500	2,53	21	21 ≥ 2,53	10	10 ≥ 2,53	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,446	2,20	21	21 ≥ 2,20	10	10 ≥ 2,20	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,250	1,24	21	21 ≥ 1,24	10	10 ≥ 1,24	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,218	1,08	21	21 ≥ 1,08	10	10 ≥ 1,08	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
4А	0,256	1,26	21	21 ≥ 1,26	10	10 ≥ 1,26	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
5А	0,309	1,53	21	21 ≥ 1,53	10	10 ≥ 1,53	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>2ЩО1, 2ЩОА1 (БЛОК А)</i>															
3	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
7	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
8	0,274	1,35	21	21 ≥ 1,35	10	10 ≥ 1,35	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,286	1,41	21	21 ≥ 1,41	10	10 ≥ 1,41	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,250	1,24	21	21 ≥ 1,24	10	10 ≥ 1,24	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,218	1,08	21	21 ≥ 1,08	10	10 ≥ 1,08	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>3ЩО1, 3ЩОА1 (БЛОК А)</i>															
3	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
7	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5

Продолжение таблицы Г.1

1	Эл. нагрузка		Кабель	По нагреву Условие	По срабатыванию АВ при КЗ				Аппарат защиты	Кабель		Электротехническая труба			
	2	3			4	5	1 условие			2 условие		10	11	12	Данные
№гр.	Рр, кВт	I <sub>н</sub> /К <sub>п</sub> , А	I <sub>доп</sub> , А	4 ≥ 3	I <sub>н.АВ</sub> , А	6 ≥ 3	I <sub>н.расц</sub> ·К <sub>з</sub> /К <sub>п</sub>	4 ≥ 8	Тип ВА	Тип	D <sub>н.к</sub> , мм	D <sub>н.т</sub> , мм	D <sub>в.т</sub> , мм	1,65·D <sub>н.к</sub>	14 ≥ 15
8	0,274	1,35	21	21 ≥ 1,35	10	10 ≥ 1,35	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,286	1,41	21	21 ≥ 1,41	10	10 ≥ 1,41	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,250	1,24	21	21 ≥ 1,24	10	10 ≥ 1,24	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,218	1,08	21	21 ≥ 1,08	10	10 ≥ 1,08	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>4ЩО1, 4ЩОА1 (БЛОК А)</i>															
3	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
7	0,400	1,98	21	21 ≥ 1,98	10	10 ≥ 1,98	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
8	0,474	2,34	21	21 ≥ 2,34	10	10 ≥ 2,34	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,286	1,41	21	21 ≥ 1,41	10	10 ≥ 1,41	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,250	1,24	21	21 ≥ 1,24	10	10 ≥ 1,24	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,318	1,57	21	21 ≥ 1,57	10	10 ≥ 1,57	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>0ЩО1, 0ЩОА1 (БЛОК Б)</i>															
3	0,600	2,96	21	21 ≥ 2,96	10	10 ≥ 2,96	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
7	0,210	1,04	21	21 ≥ 1,04	10	10 ≥ 1,04	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
2А	0,204	1,01	21	21 ≥ 1,01	10	10 ≥ 1,01	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,390	1,93	21	21 ≥ 1,93	10	10 ≥ 1,93	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>1ЩО1, 1ЩОА1 (БЛОК Б)</i>															
4	0,56	2,77	21	21 ≥ 2,77	10	10 ≥ 1,93	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
2А	0,246	1,22	21	21 ≥ 1,22	10	10 ≥ 1,22	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
5А	0,078	0,39	21	21 ≥ 0,39	10	10 ≥ 0,39	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>1ЩО2, 1ЩОА2 (БЛОК Б)</i>															
3	0,200	1,04	21	21 ≥ 1,04	10	10 ≥ 1,04	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
5	0,240	1,19	21	21 ≥ 1,19	10	10 ≥ 1,19	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
6	0,328	1,62	21	21 ≥ 1,62	10	10 ≥ 1,62	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5

Продолжение таблицы Г.1

1	Эл. нагрузка		Кабель 4	По нагреву	По срабатыванию АВ при КЗ				Аппарат защиты 10	Кабель		Электротехническая труба			
	2	3		Условие	1 условие		2 условие			11	12	Данные			Условие
№гр.	Рр, кВт	I <sub>н</sub> /К <sub>п</sub> , А	I <sub>доп</sub> , А	4 ≥ 3	I <sub>н.АВ</sub> , А	6 ≥ 3	I <sub>н.расц</sub> ·К <sub>з</sub> /К <sub>п</sub>	4 ≥ 8	Тип ВА	Тип	D <sub>н.к</sub> , мм	D <sub>н.т</sub> , мм	D <sub>в.т</sub> , мм	1,65·D <sub>н.к</sub>	14 ≥ 15
8	0,320	1,58	21	21 ≥ 1,58	10	10 ≥ 1,58	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
2А	0,180	0,89	21	21 ≥ 0,89	10	10 ≥ 0,89	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
4А	0,174	0,86	21	21 ≥ 0,86	10	10 ≥ 0,86	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
5А	0,240	1,19	21	21 ≥ 1,19	10	10 ≥ 1,19	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
8А	0,122	0,60	21	21 ≥ 0,60	10	10 ≥ 0,60	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>1ЩОЗ, 1ЩОАЗ (БЛОК Б)</i>															
5	0,328	1,62	21	21 ≥ 1,62	10	10 ≥ 1,62	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
4А	0,464	2,29	21	21 ≥ 2,29	10	10 ≥ 2,29	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>2ЩО1, 2ЩОА1 (БЛОК Б)</i>															
3	0,150	0,74	21	21 ≥ 0,74	10	10 ≥ 0,74	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
5	0,390	1,93	21	21 ≥ 1,93	10	10 ≥ 1,93	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,356	1,76	21	21 ≥ 1,76	10	10 ≥ 1,76	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,126	0,62	21	21 ≥ 0,62	10	10 ≥ 0,62	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,216	1,07	21	21 ≥ 1,07	10	10 ≥ 1,07	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>2ЩО2, 2ЩОА2 (БЛОК Б)</i>															
3	0,120	0,59	21	21 ≥ 0,59	10	10 ≥ 0,59	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
5	0,420	2,08	21	21 ≥ 2,08	10	10 ≥ 2,08	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
1А	0,356	1,76	21	21 ≥ 1,76	10	10 ≥ 1,76	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
2А	0,096	0,47	21	21 ≥ 0,47	10	10 ≥ 0,47	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
3А	0,138	0,68	21	21 ≥ 0,68	10	10 ≥ 0,68	10	21 ≥ 10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4
<i>3ЩО1, 3ЩОА1 (БЛОК Б)</i>															
3	0,190	0,94	21	21 ≥ 0,94	10	10 ≥ 0,94	10	21 ≥ 10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
4	0,240	1,19	21	21 ≥ 1,19	10	10 ≥ 1,19	10	21 ≥ 10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1 ≥ 15,5
2А	0,136	0,67	21	21 ≥ 0,67	10	10 ≥ 0,67	10	21 ≥ 10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1 ≥ 24,4

Окончание таблицы Г.1

1	Эл. нагрузка		Кабель	По нагреву Условие	По срабатыванию АВ при КЗ				Аппарат защиты	Кабель		Электротехническая труба			
	2	3			4	5	1 условие			2 условие		10	11	12	Данные
№гр.	Рр, кВт	I <sub>н</sub> /К <sub>п</sub> , А	I <sub>доп</sub> , А	4 ≥ 3	I <sub>н.АВ</sub> , А	6 ≥ 3	I <sub>н.расц</sub> ·К <sub>з</sub> /К <sub>п</sub>	4 ≥ 8	Тип ВА	Тип	D <sub>н.к</sub> , мм	D <sub>н.т</sub> , мм	D <sub>в.т</sub> , мм	1,65·D <sub>н.к</sub>	14 ≥ 15
3А	0,274	1,35	21	21≥1,35	10	10≥1,35	10	21≥10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
<i>3ЩО2, 3ЩОА2 (БЛОК Б)</i>															
3	0,190	0,94	21	21≥0,94	10	10≥0,94	10	21≥10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
4	0,420	2,08	21	21≥2,08	10	10≥2,08	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
2А	0,216	1,07	21	21≥1,07	10	10≥1,07	10	21≥10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
3А	0,244	1,21	21	21≥1,21	10	10≥1,21	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
<i>1ЩО1, 1ЩОА1 (БЛОК В)</i>															
3	0,500	2,47	21	21≥2,47	10	10≥2,47	10	21≥10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
7	0,150	0,74	21	21≥0,74	10	10≥0,74	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
8	0,274	1,35	21	21≥1,35	10	10≥1,35	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
9	0,160	0,79	21	21≥0,79	10	10≥0,79	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
10	0,973	4,81	21	21≥4,81	10	10≥4,81	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
1А	0,896	4,43	21	21≥4,43	10	10≥4,43	10	21≥10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
2А	1,086	5,37	21	21≥5,37	10	10≥5,37	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
3А	0,418	2,07	21	21≥2,07	10	10≥2,07	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
4А	0,202	1,00	21	21≥1,00	10	10≥1,00	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
5А	0,265	1,31	21	21≥1,31	10	10≥1,31	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
<i>2ЩО1, 2ЩОА1 (БЛОК В) и 3ЩО1, 3ЩОА1 (БЛОК В)</i>															
3	0,400	1,98	21	21≥1,98	10	10≥1,98	10	21≥10	ВА47-29	1*	9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
7	0,424	2,09	21	21≥2,09	10	10≥2,09	10	21≥10	ВА47-29		9,4	25	19,1	15,5	19,1≥15,5
1А	0,286	1,41	21	21≥1,41	10	10≥1,41	10	21≥10	ВА47-29	2*	14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4
3А	0,418	2,07	21	21≥2,07	10	10≥2,07	10	21≥10	ВА47-29		14,8	32	25,1	24,4	25,1≥24,4

Примечание: 1\* - ППГнг(А)-HF (3x1,5); 2\* - ППГнг(А)-FRHF (4x1,5).

## Приложение Д (рекомендуемое)

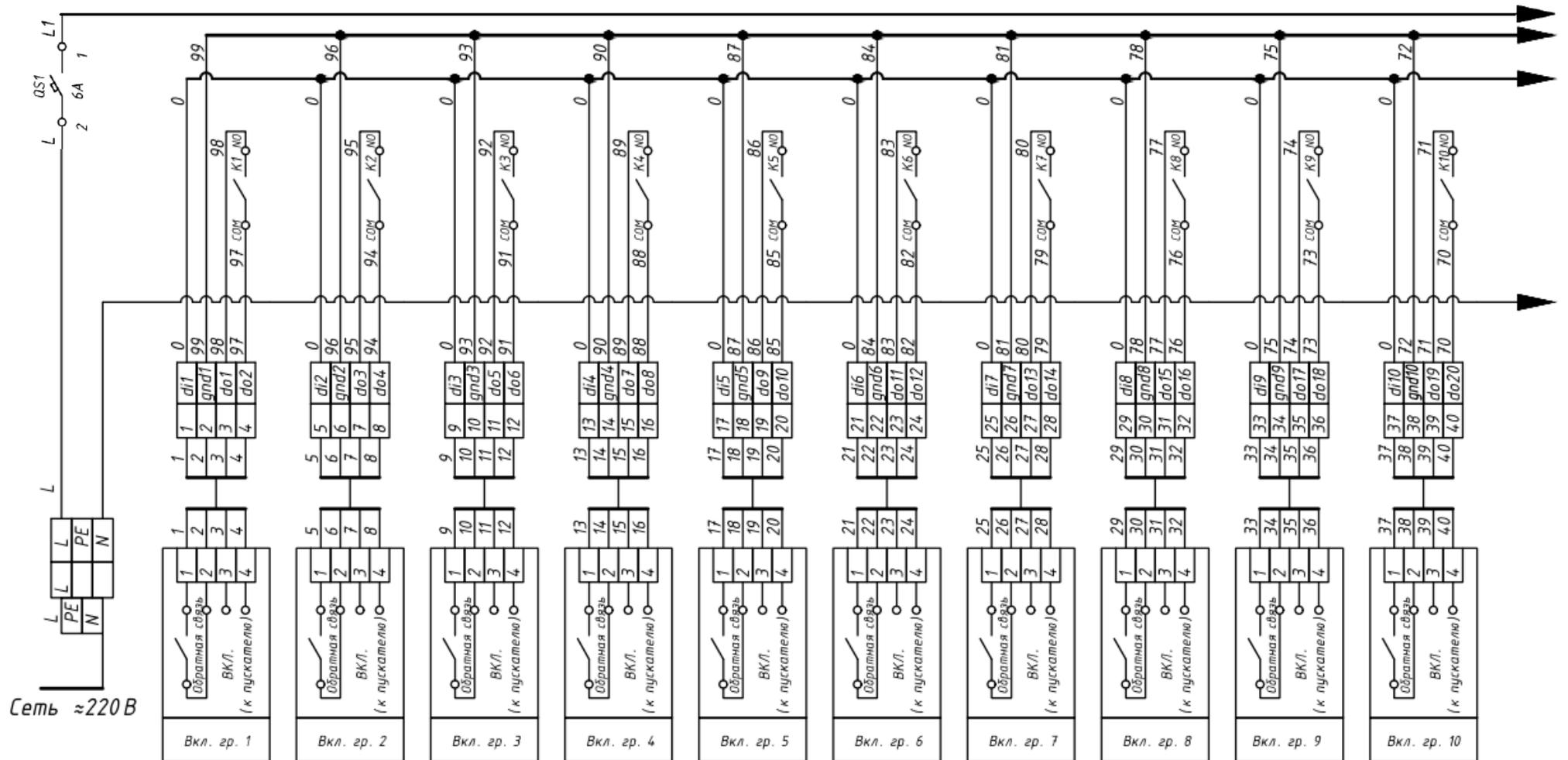


Рисунок Д.1 – Принципиальная схема щита автоматизации 1

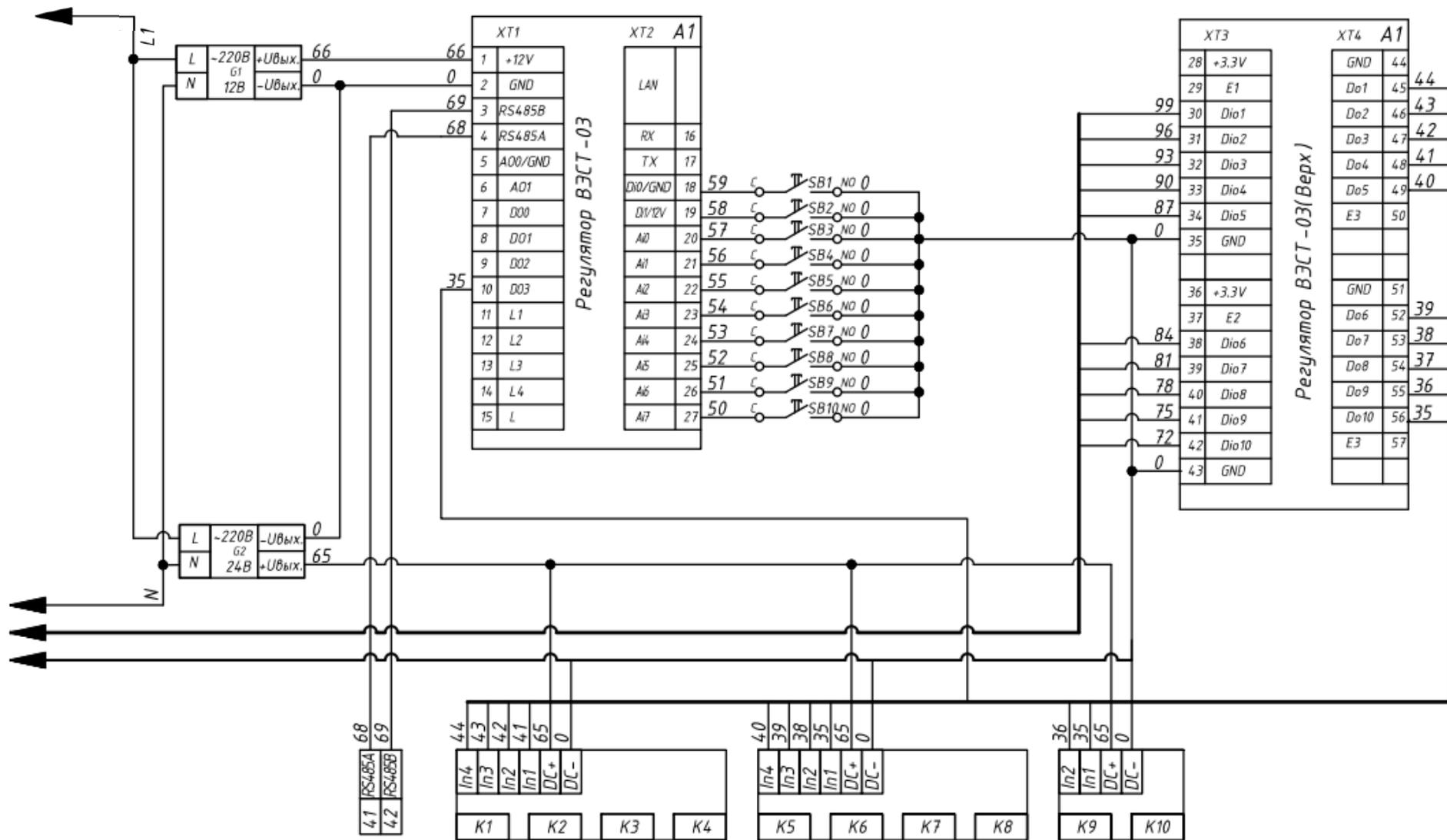


Рисунок Д.2 – Принципиальная схема щита автоматизации 2

## Приложение Е (обязательное)

Таблица Е.1 – Требования к освещению рабочих мест

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО* и освещенности и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		Освещенность**, лк					КЕО, е <sub>н</sub> , %		КЕО, е <sub>н</sub> , %	
		Комбинированное освещение		Общее освещение	Объединенный показатель дискомфорта***, UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности****, Кл, %, не более	Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение	Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение
		Всего	От общего							
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	400	200	300	21	15	3,0	1,0	1,8	0,6

Примечание: Согласно п. 82 СанПиН 1.2.3685-21:

\* коэффициент естественной освещенности, КЕО - отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выражается в процентах;

\*\*освещенность на рабочей поверхности - отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента, лк;

\*\*\*объединенный показатель дискомфорта критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения;

\*\*\*\*коэффициент пульсации освещенности - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока источников света.

**Приложение Ж  
(справочное)**

**Research of the automated energy-saving mode of the secondary school  
lighting system**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Юртаева Алина Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Шилин А. А.	Д.Т.Н., профессор		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Демидова О. М.			

## INTRODUCTION

The purpose of the master's thesis is to research and develop an automated energy-saving system with dispatching to control the lighting of the school according to the timetable. Afterwards electricity (kWh) and financial resources, which can be saved using the energy-saving mode of the lighting are determined, system.

The need of rational use of energy is a matter of urgent priority both in the design of new buildings and in the realization of energy-saving event for already put-into-operation complexes. All this demonstrates the relevance of the chosen topic.

Analyzing the urgency of energy saving systems, we can conclude that the topic of energy efficiency has already become a trend, a kind of direction in architecture. This is due to the fact that thanks to a comfortable, healthy microclimate at school, learning and working capacity increase, which is a great advantage for education. Energy efficiency is not only in technology, but also in the space-planning solution of the building. To this end, there is not only the introduction of technologies into functioning schools, but also the design of educational institutions taking into account their climatic characteristics. All this is applicable not only for educational institutions, but also has a great development in the future.

Apparently, all organizations, including budget ones, are taking measures to reduce energy resources in order to minimize costs. A significant role is played by the state, which pursues the goals of saving and efficient energy consumption by publishing laws and introducing amendments to existing regulations in the field of energy conservation and energy efficiency improvement.

The hypothesis of the research is to save electricity by realizing automatic shutdown of working lighting of corridors and recreation areas when class bell and switching on when bell for a recess and also automatic control of emergency lighting in according to the working timelines of the school.

In the final qualifying work, it is supposed to use such research methods as the method of analysis and synthesis, including the initial data of educational institution; the theoretical method - a review of the literature on the research problem; the economic and mathematical method, consisting in a variety of calculations using empirical formulas; the method of comparisons, consisting in an analysis of the data received on energy consumption in normal and energy-saving modes; and an analytical method, including summarizing the results of the study and writing conclusions about the work done.

The practical significance of the work lies in the disclosure of the features of the use of energy-saving lighting mode and the assessment of energy savings, which, in turn, allows an objective evaluation of the importance of using this mode of operation for work and emergency lighting.

## **LITERATURE REVIEW**

### **The problems of energy saving**

Any activity involves the use of energy. Let's pay attention to one of the most urgent problems in the world today - the problem of energy saving. Gradually, economical and rational use of energy resources is becoming an integral part of human life, since non-renewable energy sources are running out, while "green" energy sources are not yet being used to their full potential.

The problem of energy conservation began to develop since the 1970s, especially after the world energy crisis of 1974, as part of the overall purpose of saving energy resources. Then, in most developed countries, relevant legislative acts were developed, measures directed at energy conservation began to be implemented. The main legislative documents of Russia are Law №261-FZ "On Energy Saving and Energy Efficiency Improvement", already called the "Law on Light Bulbs", Presidential Decree №889 of 04.06.2008 "On Some Measures to Improve the Energy and Environmental efficiency of the Russian Economy", as well as the Decree of the Government of the Russian Federation of 09.06.2020 №1523-r "On approval of the FR strategy for the period up to 2035".

Certainly, a significant amount of electricity is consumed for lighting, which we get by burning coal, oil and gas at various types of power stations. It is obvious to everyone that the economical use of electricity will reduce the use of these energy resources, and therefore reduce emissions of harmful substances into the atmosphere, and preserve the cleanliness of reservoirs. At the same time, increasing the efficiency of electricity use is also a real way to reduce the cost of its payment, since the cost of electricity is directly related to the cost of fuel, whose reserves are limited and whose prices are constantly rising.

It is not surprising that an important problem for most educational institutions is large payments for electricity. For example, according to the United Nations, incandescent lamps, which are prohibited for use, still remain in many schools, because of this electricity overruns reach 60 % there. The use of fluorescent lamps also does not guarantee the required level of energy saving. In

addition to the inflated consumption of such light sources, experts noted a number of other problems encountered in educational institutions:

1. some of the lamps have been used for more than 20 years, while 30% of the lamps in the classrooms are inoperable;
2. the use of outdated start-up devices that increase the ripple coefficient by more than 15%;
3. the noise generated by worn-out equipment exceeds the permissible level and interferes with classes;
4. the noise generated by worn-out equipment exceeds the allowable noise level and interferes with classes;
5. there is turbidity, cracking and shedding of the lamp diffusers.

I would like to draw attention to the fact that it is possible to unlock the great potential of energy saving if you replace outdated lamps with energy-efficient ones and refuse incandescent lamps not only in paper form, but also in reality, as well as apply innovative lighting concepts.

### **Lighting system in educational institutions**

School is the happiest time in everyone's life. The time when a personality is created, a character is formed, and the basic values of a person are formed. Educational institutions are one of the key instruments for fostering an economical attitude to stocks among the younger generation, and solving the problem of energy efficiency in them is of great importance.

During the same period, the student's body is most affected by various positive and negative factors, the main of which is lighting. It is necessary to understand the importance of light for the human visual analyzer, because through vision we receive up to 90% of information about the world around us.

According to the results of a research conducted during the realization of the project of the United Nations Development Program and the Global Environment Facility, 22-25% of young people graduate from school with visual impairments. One of the main reasons for this process is the unsatisfactory state of school lighting due to:

1. high unevenness of horizontal illumination;
2. low color rendering coefficient;
3. violations of the requirements of the current standards on illumination in the workplace and on blackboards;
4. exceeding the maximum allowable level of ripple of the luminous flux by 2.5 - 3 times;
5. the use of lamps with different color temperatures in the same room.

According to current sanitary standards, such lighting conditions are classified as harmful and dangerous to health, which contribute to a decrease in visual acuity, tiredness, the development of diseases, nervous excitement of schoolchildren and deterioration of the perception of the material.

It is necessary to pay attention to the fact that the work explores the energy-saving mode of working lighting for communication rooms that are intended for the movement of people, such as corridors, staircases, as well as for communication nodes, including recreation areas, halls and vestibules. Obviously, students and teachers mostly move along school corridors and staircases in between classes, and spend their free time and relax in halls and recreation areas. In this regard, the need to provide maximum safety of movement in these premises and comfortable pastime of students positions the lighting of communication rooms no less important than in classrooms.

Typically, the lighting of corridors and stairwells in educational institutions continues to work for long hours due to their high occupancy through classes during the working day, maintenance work, etc. In all these cases, the communication rooms should be well lit to guarantee public safety. In this regard, when introducing an efficient and energy-saving lighting system, it is strongly recommended to use various kinds of sensors and/or intelligent solutions based on energy-efficient light sources that illuminate only occupied spaces. This requirement is described in paragraph 8.4.3 of SP-251.1325800.2016 "Buildings of educational organizations. Design rules" and in paragraph 153 of SanPiN 1.2.3685-

21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans.

In general, the fundamental rules of lighting, regardless of the type of institution, are:

- providing the most comfortable lighting environment;
- compliance of the light environment with the current norms and rules;
- providing efficiency and economy of lighting systems.

### **Optimal light sources**

For decades, traditional incandescent lamps have been the main product in this segment, followed by the transition to energy-saving compact fluorescent lamps (CFLs). The next step was the advent of LED light sources.

According to sanitary rules and regulations, the use of incandescent lamps for lighting is limited – it is not allowed to use a power of 100 watts or more. In this regard, this type of light source is not viewed.

The most widespread gas-discharge lamps include:

- low-pressure fluorescent lamps (LL);
- high-pressure mercury lamps (DRL, DRI);
- high-pressure sodium lamps (DNaT, arc xenon tube lamps (DCsT);
- complex fluorescent lamps (CFLs).

Let's look at each type of gas-discharge lamps in a little more detail.

#### *Fluorescent lamps*

Fluorescent lamps are a cylindrical tube with electrodes, the tube is covered with phosphor and mercury vapor is pumped into it under low pressure – Figure 1.



Figure 1 – Fluorescent lamps

The principle of operation is that the start-up device provides an impulse to light the lamp (depending on the power - from 1 kV), an electrical breakdown is formed between the electrodes. Obviously, the more mercury evaporates, the stronger the discharge. And mercury vapor emits ultraviolet rays, because of which the luminophore emits visible light. Since the discharge increases when mercury evaporates, the resistance between the electrodes decreases, and the current strength increases. This explains the need to limit and maintain current and voltage at a certain level, for which the start-up equipment is used.

*Arc mercury lamps (DRL)*

Fluorescent mercury-quartz lamps consist of a glass flask with a quartz tube, and mercury vapor is pumped into the flask under high pressure and it is coated with luminophore – Figure 2. To maintain the stability of the properties of the luminophore, the flask is filled with carbon dioxide.



Figure 2 - Arc mercury lamps (DRL)

Special attention should be paid to the fact that frequent short-term switching on of high-pressure lamps reduces their service life. The ignition time of the DRL when turned on is about 7 minutes, and re-activation is possible only after the lamp has cooled down - approximately 10 minutes. All this prevents the use of DRL as light sources in automatic lighting schemes.

*Arc metal-halide lamp (DRI)*

Metal-halide lamps are high-pressure mercury lamps with additives of metal iodides or rare-earth element iodides. Externally, metal-halide lamps differ from DRL lamps by the absence of a phosphor on the bulb – Figure 3.



Figure 2 – Arc metal-halide lamp (DRI)

DRI as well as fluorescent lamps are characterized by high light output (up to 100 lm/W) and a much better spectral composition of light, but their service life is significantly less than that of DRL lamps, and the switching scheme is more complicated, because in addition to the ballast throttle it contains an igniting device.

#### *High-pressure sodium lamps (DNaT)*

Sodium lamps consist of a cylindrical glass bulb with a discharge tube made of polycrystalline aluminum, which is inert to sodium vapor and transmits its emission well – Figure 4.

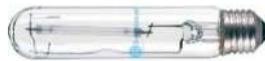


Figure 4 – High-pressure sodium lamps (DNaT)

It should be noted that extremely yellow light and correspondingly low color rendering index ( $R_a = 25$  relative units) allow them to be used in rooms where people are only in combination with lamps of other types.

#### *Xenon lamps (DCsT)*

Arc xenon tube lamps (Figure 5) are a flask filled with inert xenon under ultrahigh pressure. DCsT lamps are notable for the spectral composition of light nearest to natural daylight and the highest unit power of all light sources.



Figure 5 – Xenon lamps (DCsT)

Despite this, the first advantage is practically not used, since lamps are not used inside buildings, while the second advantage makes them widely used for lighting large open spaces when installed on high masts.

#### *Complex fluorescent lamps (CFL)*

Simplistically, if you "twist" the tube of a fluorescent lamp into a spiral, we get a compact fluorescent lamp, shown in Figure 6. A feature of this type of lamps

is the shape of the bulb, due to the fact that theoretically it can be given any geometry.



Figure 6 – Complex fluorescent lamps (CFL)

Table 1 shows the main advantages and disadvantages of gas-discharge lamps.

Table 1 – Advantages and disadvantages of gas-discharge lamps

Parameter \ Type of lamps						
	LL	DRL	DRI	DNaT	DCsT	CFL
High light output	+	+	+	+	-	+
Long service life	+	+	-	+	-	+
Compactness	-	+	-	-	-	+
Influence of ambient temperature	+	-	-	+	-	+
Direct current operation	-	-	-	-	-	-
Pulsations of the luminous flux	+	+	+	++	+	+
Availability of start-up control equipment.	+	+	+	+	+	+
Long lamp light-up time/waiting for re-activation	+	+	+	+	+	+
Environmentally unsafe	+	+	+	+	+	+

### *LED lamps*

For a long time, the requirements of normative documents characterized only "traditional" light sources, leaving LED technologies outside the legal field. At the moment, these gaps have been eliminated. Because on May 17, 2017, Rospotrebnadzor approved Letter № 01/6110-1732 "On the possibility of using LED lighting". At the same time, the Ministry of Construction made changes to

SP 251.1325800.2016 "Buildings of educational organizations. Design rules" and in SP 256.1325800.2016 "Electrical installation of residential and public buildings. Rules of design and installation". Thus, the new requirements remove formal barriers to the use of LED lighting installations in educational organizations. In this regard, let's take a closer look at LED light sources.

The use of LEDs as light sources became possible after producing diodes that emit a white spectrum. The principle of operation of LED (Light-Emitting Diode) is based on the physics of semiconductors – Figure 7. A diode is two semiconductor materials in contact with each other, one of which is dominated by electrons, and the other is dominated by positive ions. When an electric current goes through the contact line, electrons and ions recombine. As a result, the electrons move to another energy level, there is an excess of energy. In LEDs, this excess comes out in the form of light emission (to a small extent in the form of heat).

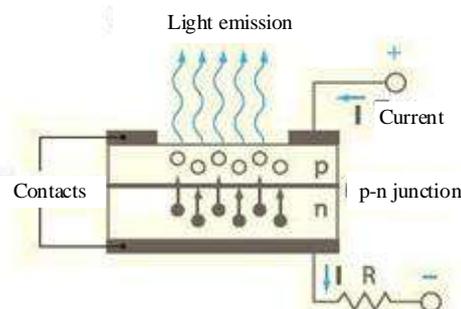


Figure 7 – The scheme of the appearance of the emission

An LED lamp consists of several elements: a light base, a driver, a radiator, an LED, a diffuser (bulb) – Figure 8.

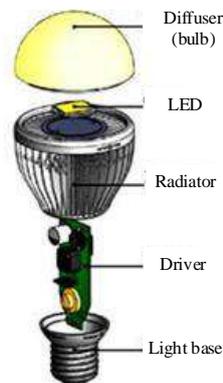


Figure 8 – LED lamp design

The driver is the most important element, structurally located in the basement. It stabilizes the incoming voltage, because of this, the service life of the lamps increases, and the driver also converts alternating current into direct current and feeds the LEDs. Obviously, the price of LED lamps is high mainly due to the presence of a driver. To reduce the cost of the finished light bulb, manufacturers replace this element with a simple power supply. However, the power supply does not provide current and voltage stabilization, which negatively impacts the quality of the light source. In addition, the driver cannot be installed in miniature light bulbs because there is not enough space.

The radiator, in turn, removes the resulting heat from the LED. Therefore, the larger it is, the better the light source cools, which is important for powerful and large lamps.

The final element of the LED lamp is a diffuser that helps to distribute the luminous flux in space, as well as protecting the housing from dust and moisture.

It is obvious that LED lamps are superior to halogen and fluorescent lamps in many characteristics. Comparative lamp parameters are given in Table 2.

Table 2 – Summary table of comparative characteristics of various artificial lighting sources

Parameter	Lamp type			
	Incandescent lamp	Halogen lamp	Fluorescent lamp	LED lamp
Service life, hour	1 000	2 000 – 4 000	10 000 – 15 000	20 000 – 50 000
Light output, lm/W	7 – 15	15 – 22	40 – 60	100 – 120
Color temperature, K	2 400 – 3 000	2 700 – 3 000	2 700 – 6 000	2 800 – 10 000
Environmental safety	Safe	Safe	Dangerous	Safe
Disposal	Usual	Separate from ordinary glass	Special reception points	Usual
Price	Low	Average	Above average	High
Power consumption	Big	Big	Little	Little
Sensitivity to voltage drops/low temperature/high humidity	No/no/no	Yes/no/no	Yes/yes/yes	Yes/no/no

Studying Table 2, it seems necessary to more fully identify the advantages of LED light sources:

- Long service life (50 times longer than incandescent lamps, 12.5 times longer than halogen lamps, and 3.3 times higher than fluorescent lamps).
- Maximum light output with minimal power consumption (8 times higher than incandescent lamps, 5.5 times higher than halogen lamps, and 2 times higher than fluorescent lamps). Accordingly, the energy consumption and power of LED lamps of the same luminous flux is less by the same number of times.
- Environmental safety, no problems with disposal.
- The ability of the lamp to work even with a broken diffuser.
- Low heating during operation.
- Instant switching on (unlike fluorescent).
- The number of on-off cycles does not affect performance (unlike fluorescent ones).
- The ability to synchronize with Smart Home technology.
- The work does not depend on humidity and temperature changes.
- Reduced wiring requirements due to the low power of LED lamps.

Of course, LED lamps also have disadvantages:

- High price (usually, the cost reduction is due to quality – replacing the driver with a power supply).
- Sensitivity to network voltage fluctuations (the driver levels out the differences, so cheaper models without a stabilizer quickly fail).
- Flickering (pulsation) of the luminous flux (flickering depends on the quality of the design, and the absence of a driver affects the decrease in light quality).
- Brightness drop during operation. This is due to the physical degradation of the LEDs.

Analyzing the advantages and disadvantages of low-pressure fluorescent lamps, mercury and high-pressure sodium, complex fluorescent lamps and LED lamps, we can conclude that despite the disadvantages of LED lamps, LED light sources have significant advantages that distinguish them, therefore, in the dissertation work we choose LED lamps for use.

## CONCLUSION

The purpose of the course-paper was to study the automated energy-saving mode of the lighting system of a secondary school in the "Severny" microdistrict. The task of the research work was to develop an automated system with dispatching to control the lighting of the school according to a schedule and determine the value of electricity that can be saved due to the switch from the usual mode of operation of lighting to energy-saving mode.

As part of the master's research work, the type of light sources was selected. Since it is necessary to choose lighting devices with the highest luminous efficiency and the longest service life with minimal electrical consumption, LED lamps were chosen. Being in communication rooms does not imply doing accurate visual work. Because of this, a general uniform lighting system is used.

The standardized parameters of illumination and color range for each of the rooms have been determined, as well as parameters that depend on the type of light sources – the factor of safety and the minimum power factor. To calculate artificial lighting using the luminous flux method, the permissible range of luminous flux values for each room of a secondary school specified in the source data were determined. Based on the calculated value of the luminous flux, LED lamps of the Tomsk manufacturer of lighting equipment "Diora" with suitable technical parameters have been selected.

The working lighting luminaries have been checked for accordance with such standardized parameters of artificial lighting as color temperature, light output, power coefficient and ripple coefficient, color rendering index and power density. The results of the check allow us to conclude that the selected light sources match the parameters regulated in the current norms, rules and standards. In addition, a check on the standardized parameters of the minimum permissible illumination and the color rendering index for emergency lamps showed that the choice was correct.

Lighting groups have been formed, for which electrical loads have been calculated, moreover, group loads are evenly distributed between the phases of the supply network.

In accordance with the rules of electrical installation, PPGng(A) conductors with copper veins with and wire section equal to  $1.5 \text{ mm}^2$  have been selected for installation. Besides, the conductor sections have been selected according to the condition of permissible heating, and then it was checked that the permissible wire current was more than the short-circuit current of the circuit breaker. And, since the ceilings in the secondary school are made in a hinged design, the installation of electrical networks is done in corrugated self-extinguishing PVC pipes that do not spread burning. Automatic switches VA 47-29 with a rated current of 10 A and a actuation characteristic "C" are used as protection devices.

As intermediate elements connecting the low-current outputs of the controllers and the power circuits, the Finder 24VDC relay with a rated current of 8 A is selected. For the purpose of switching the power circuit, a modular contactor KM20-20 AC with a rated current of 20 A is used.

In the paper, a structural scheme of the complex of technical devices of the lighting system of a secondary school has been developed. The interrelation of the entire complex of technical devices through Ethernet and RS485 communication interfaces by Modbus RTU protocol is described. In addition to this, an instance of the structure of a request packet and a response about the status of 10 lighting groups is considered. Furthermore, the soft logic for controllers in the FBD (Functional Block Diagram) language is presented.

As a result, it is possible to change the state of groups of lamps both remotely through the network from the dispatcher's ARM web browser, and from the buttons on the floors and from lighting panels. Feedback, in turn, provides a visual method of monitoring different lighting groups by means of a mnemonic in a web browser, including for the purpose of timely decision-making in the event of an emergency situation.