

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение  
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка системы освещения предприятия на примере АО  
«Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

Студент

А.Г. Павлюков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе проведено обоснование актуальности разрабатываемой темы, приводится краткая характеристика объекта проектирования.

Осуществлён светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Проведена разработка автоматизированной системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», включающая выполнение следующих исследований: описание задания на работу схемы управления системой освещения, разработка структурной и принципиальной схем управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Разработаны мероприятия по технике безопасности и охране труда. Рассчитано заземление осветительных установок объекта исследования.

Работа состоит из 61 страницы, 6 чертежей формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Краткая характеристика объекта проектирования .....	7
1.1 Требования к освещенности гражданских сооружений.....	7
1.2 Краткая характеристика АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	11
1.3 Вывод по первому разделу .....	16
2 Светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	17
2.1 Светотехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	17
2.2 Электротехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	23
2.3 Вывод по второму разделу .....	38
3 Разработка автоматизированной системы освещения «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	39
3.1 Задание на работу схемы управления системой освещения.....	39
3.2 Разработка структурной схемы управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	40
3.3 Разработка принципиальной схемы управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	42
3.4 Вывод по третьему разделу .....	46
4 Мероприятия по технике безопасности и охране труда .....	47
4.1 Мероприятия по технике безопасности и охране труда при выполнении работ в системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».....	47
4.2 Заземление осветительных установок АО «Пассажирский порт Санкт- Петербург «Морской фасад».....	51
4.3 Вывод по четвёртому разделу.....	55

Заключение .....	56
Список используемых источников.....	57
Приложение А Спецификация объектов .....	60

## Введение

Электрическое освещение является необходимой составляющей надёжной и продуктивной работы потребителей.

Целью работы является проектирование системы освещения предприятия на примере АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Актуальность работы обусловлена правильным выбором осветительных установок, который является необходимым условием нормальной работы всей системы электроснабжения предприятий и гражданских сооружений всех типов.

Кроме того, современное оборудование, в частности, системы освещения, в современном мире выполняются полностью или частично автоматизированными, что обеспечивает значительную экономию электроэнергии за счёт рационального использования освещения.

Объектом исследования является АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Предметом исследования является система освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Работа состоит из четырёх глав, в которых исследуются и раскрываются основные задачи работы, а именно:

- в первой главе проводится обоснование актуальности разрабатываемой темы, приводится краткая характеристика объекта проектирования (АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»). Рассматриваются требования к освещенности гражданских сооружений;

- во второй главе работы проводятся светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»;

- в третьей главе осуществляется разработка автоматизированной

системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», включающая выполнение следующих исследований: описание задания на работу схемы управления системой освещения, разработка структурной и принципиальной схем управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» на объекте исследования;

- четвёртая глава работы посвящена разработке мероприятий по технике безопасности и охране труда. В данной главе детально рассматриваются мероприятия по технике безопасности и охране труда при выполнении работ в системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», а также заземление осветительных установок объекта исследования.

В графической части приведены следующие чертежи:

1. План расположения системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

2. Однолинейная электрическая схема системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

3. Узлы монтажа кабельных линий системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

4. Структурная схема управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

5. Принципиальная схема управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

6. Конструкция заземляющего устройства системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Все исследования в работе выполняются с использованием рекомендованной литературы и нормативных документов.

## **1 Краткая характеристика объекта проектирования**

### **1.1 Требования к освещенности гражданских сооружений**

Доказано, что искусственное освещение в значительной степени влияет не только на физическое, но и на психоэмоциональное состояние человека.

Известно также, что хорошее освещение позволяет любому человеку показывать лучшие результаты труда, а также свести к минимуму травматичность.

Для каждого вида и типа гражданских сооружений определены минимально допустимые требования к освещенности, которые вошли в действующие нормативные акты [1].

Соблюдение этих требований лежит в основе создания системы освещения, которое обеспечит оптимальные удобства.

Известно, что для гражданских сооружений основными характеристиками являются параметры средней горизонтальной и вертикальной освещенности однородности освещенности, т.е. непосредственное отношение минимальной освещенности к среднему значению, а также показатель комфорта освещенности, который определяется попаданием прямых и отраженных лучей в глаз человека и их относительная яркость.

Для каждого вида гражданских сооружений разработаны свои требования к параметрам освещенности помещений.

Их значения определяются как источниками света, так и окружающей обстановкой.

Известно, что сегодня основное распространение получили светодиодные источники освещения, которые имеют неоспоримое преимущество по сравнению с другими источниками (лампами накаливания, люминесцентными и галогенными).

На сегодняшний день светодиодные источники освещения – единственная технология в мире, позволяющая непосредственно гарантировать:

- минимальное энергопотребление и обслуживание;
- выполнение высочайших требований по уровню освещенности;
- высокое качество цветопередачи,
- стабильность светового потока без мерцания;
- управление светом в режиме реального времени;

Поэтому в работе проектируется освещение объекта с применением светодиодных источников освещения.

Далее приведены варианты оснащения типовых объектов пассажирских портов с приведёнными нормами.

К системе освещения морских портов предъявляются жёсткие требования согласно [1].

Нормирование освещенности открытых пространств, складских площадок и объектов морских, речных вокзалов общего назначения, а также портовой территории, производится в соответствии со следующей классификацией:

- а) портовые причалы;
- б) открытые складские площадки;
- в) трюмы судов;
- г) рампы;
- д) грузовые железнодорожные вагоны;
- е) участки железнодорожных парков и путей на переездах в портах;
- ж) проходы и проезды;
- з) здания основного назначения: грузовые склады, морские вокзалы и павильоны;
- и) здания подсобного производственного и обслуживающего назначения, а также служебные здания;



к) здания, в которых непосредственно размещаются объекты энергетического хозяйства;

л) здания, в которых размещаются объекты транспортного хозяйства и связи;

м) здания, в которых размещаются объекты водоснабжения, канализации и теплофикации.

При этом источники освещения должны соответствовать требуемым нормам и стандартам. Например, люминесцентные лампы должны быть белого света с соответствующими характеристиками, чтобы не утомлять глаза людей, работающих на объектах.

Их используют в качестве внутреннего освещения объектов, в том числе и портов.

Для внешнего освещения рекомендуется применение ламп типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ. На причалах морских вокзалов рекомендуется применять прожекторное освещение. Прожекторные мачты на территории морских вокзалов необходимо размещать вне зоны работы кранов.

Оборудование прожекторных мачт следует предусматривать с местными выключающимися аппаратами, устанавливаемыми у основания этих мачт.

Для складов следует предусматривать местное управление освещением с обеспечением возможности раздельного включения групп светильников, освещающих зоны работ.

Питание светильников, располагаемых на рампах, следует предусматривать от отдельных щитков, присоединяемых к сети наружного освещения порта.

Для наружного освещения морских вокзалов и портов следует применять:

- а) общее освещение;
- б) комбинированное освещение;
- в) дежурное освещение;

г) охранное освещение.

Освещенности на рабочих поверхностях и прилегающих к ним площадях портовой территории должны приниматься не ниже величин, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы минимальной освещенности для объектов портов и морских вокзалов

Наименование участка	Горизонтальная освещенность, лк	
	от одного общего освещения	суммарная с учетом локализованного освещения
1. Пассажирские морские и речные причалы	5	30
2. Контрольно – пропускной пункт	3	25
3. Складские площадки	3	15
4. Служебные и резервные причалы	3	25
5. Здание морского вокзала	5	30
6. Места парковки и стоянки автотранспорта	3	15
7. Рампы	5	30
8. Главные проходы и проезды: с интенсивным движением людских и грузовых потоков, в том числе пожарные проезды	5	5
9. Прочие проходы и проезды	0,5	0,5
10. Охранное освещение	0,5	0,5

Аварийное освещение для продолжения работы (в помещениях или местах производства наружных работ) надлежит устраивать, если внезапное отключение рабочего освещения (при аварии) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- а) взрыв, пожар, отравление людей;
- б) длительное нарушение технологического процесса;
- в) нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радиопередачи и связи; диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения; помещения дежурных пожарных постов и тепловые пункты, пункты управления системами водоснабжения, канализации, теплофикации,

вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ,

г) опасность травматизма в местах большого скопления людей

Для эвакуации людей из зданий и сооружений при аварийном отключении рабочего освещения используют аварийное освещение, освещенность которого составляет примерно 10% от нормированного, но не менее 0,5 лк внутри зданий и 0,1 лк на открытых площадках [1].

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом, размером или специально нанесенными на них знаками. Светильники аварийного освещения для продолжения работы и для эвакуации людей из зданий без естественного света, а также светильники для продолжения работы в зданиях с естественным светом должны присоединяться к независимому источнику питания или переключаться на него автоматически при внезапном отключении рабочего освещения (при аварии). Светильники аварийного освещения для эвакуации людей из зданий с естественным светом должны присоединяться к сети независимо от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции или от ввода в здание (при наличии только одного ввода). Качественное светодиодное освещение, правильно спроектированное и смонтированное, решает все проблемы обычных систем освещения морских портов и существенно снижает затраты на эксплуатацию.

## **1.2 Краткая характеристика АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» на сегодняшний день является первым и единственным специализированным пассажирским портом, находящимся в Северо-Западном регионе РФ.

Указанный пассажирский порт расположен в Санкт-Петербурге на территории Васильевского острова.

Непосредственное строительство пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» началось в 2005-м году, а уже в сентябре 2008-го порт принял первое судно с пассажирами.

Реализация проекта по строительству пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» осуществлялась в рамках государственно-частного партнерства.

Схема расположения АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» в черте города Санкт-Петербурга показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема расположения АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» в черте города Санкт-Петербурга

АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» является активным участником мирового круизного рынка.

Кроме того, АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» также принимает участие в ежегодных выставках и заседаниях ассоциаций, членом которых он является.

В 2018 году решением Комитета по транспорту на Морском совете при Правительстве Санкт-Петербурга, имущественный комплекс Морского вокзала был передан в доверительное управление АО «ПП СПб МФ».

Здание Морского вокзала было введено в эксплуатацию в 1988 году. Стены вокзала были облицованы объемными панелями, имеющими форму парусов.

Изначально здание строилось для Балтийского морского пароходства и одновременно служило вокзалом для прибывающих гостей и межрейсовой базой для моряков пароходства.

Морские вокзалы АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» могут обслуживать до 18000 пассажиров в день.

Основные общие характеристики территории АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» следующие:

- суммарная площадь территории порта - 33,03 га;
- суммарная площадь акватории порта - 3,054 км<sup>2</sup>;
- суммарная площадь морских вокзалов - 29 770,1 м<sup>2</sup>, в т.ч. площадь общего пользования - 7 794,5 м<sup>2</sup>.
- суммарная площадь дорог, проездов, стоянок - 15,01 га.
- длина причального фронта – 2 171,06 м.

Кроме того, на территории пассажирского морского порта есть место для пограничного и таможенного досмотра, места для парковки и остановки частного, служебного и общественного транспорта, площадка для регистрации автомобилей, магазины и др. сооружения.

Для удобства пассажиров, а также с целью оптимизации энергоресурсов и увеличения прилегающей территории, когда – то единый Морской вокзал в 2008 году, согласно проекта, был разбит на четыре небольших Морских вокзала.

Каждый Морской вокзал выполняет свою роль в структуре АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» и рассчитан на оптимальное количество пассажиров и грузов.

План расположения объектов на территории АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» с указанием их размеров и площади показан на рисунке 2.

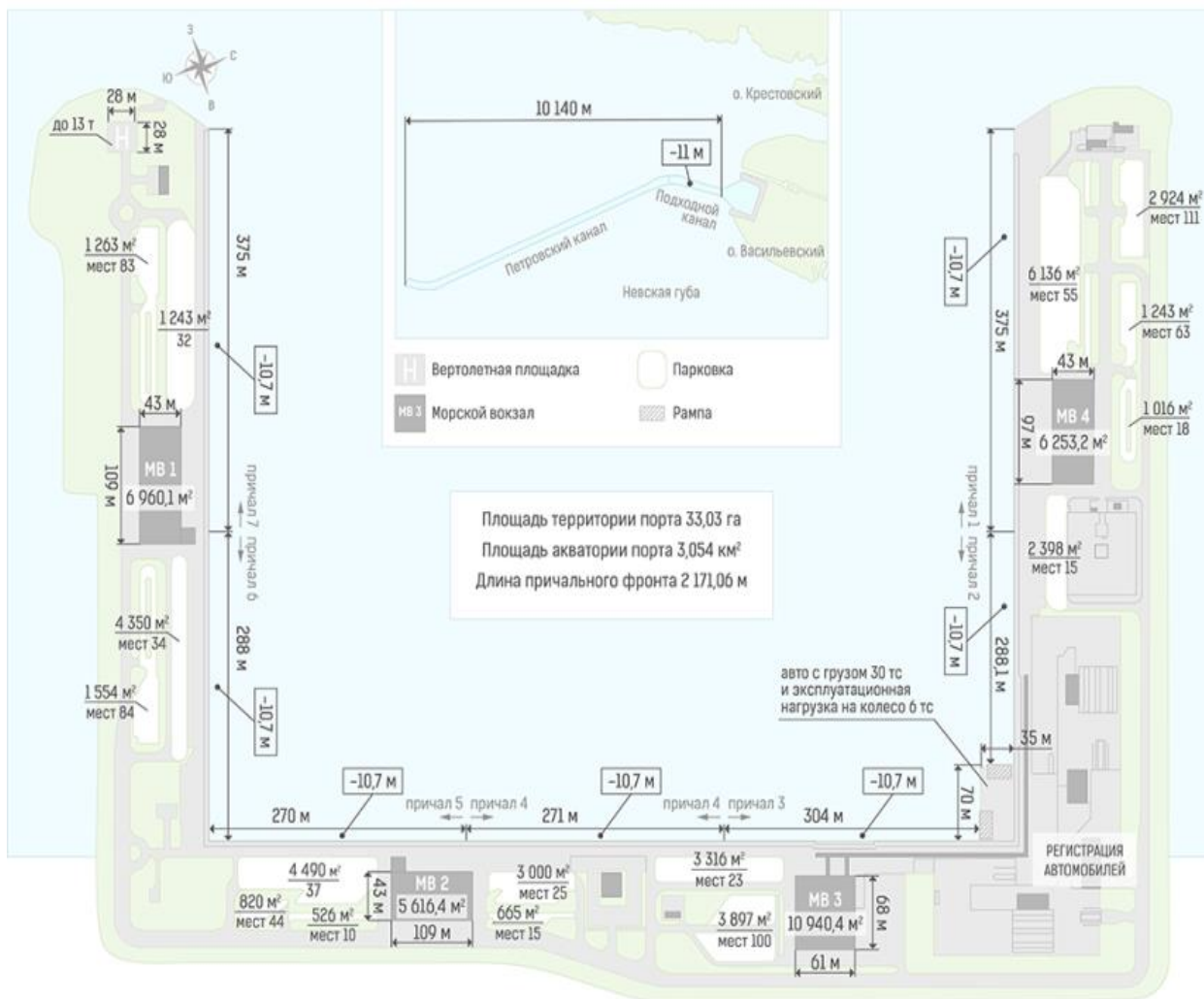


Рисунок 2 – План расположения объектов на территории АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

Как видно из рисунка 2, на территории АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад», кроме четырёх Морских вокзалов, также есть следующие объекты, являющиеся важной частью инфраструктуры порта:

- причалы №1 - №7;
- вертолётная площадка;
- рампа для приёма автотранспортных средств;
- регистрация автомобилей;

- пешеходная галерея, соединяющая борт судна и здание Морского вокзала № 3;

- контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств;

- места парковки автотранспорта №1 - №16, рассчитанные на различное количество парковочных мест.

Характеристика объектов АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» с непосредственным указанием их размеров и площади, приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика объектов АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» с указанием их размеров и площади

№ п/п	Наименование объекта	Размеры объекта		
		Длина, м	Ширина, м	Площадь, м <sup>2</sup>
1	Причал №1	375,0	10,00	3750
2	Причал №2	288,1	10,00	2881
3	Причал №3	304,0	10,00	3040
4	Причал №4	271,0	10,00	2710
5	Причал №5	270,0	10,00	2700
6	Причал №6	288,0	10,00	2880
7	Причал №7	375,0	10,00	3750
8	Морской вокзал №1	109,0	43,0	4687
9	Морской вокзал №2	109,0	43,0	4687
10	Морской вокзал №3	61,0	68,0	4148
11	Морской вокзал №4	97,0	43,0	4171
12	Вертолётная площадка	28,0	28,0	784
13	Рампа для приёма автотранспортных средств	70,0	35,0	2450
14	Регистрация автомобилей	250,0	60,0	15000
15	Пешеходная галерея, соединяющая борт судна и здание Морского вокзала № 3	30,0	15,0	450
16	Контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств	20,0	20,0	400
17	Место парковки автотранспорта №1 на 55 мест	50,0	122,7	6136
18	Место парковки автотранспорта №2 на 111 мест	30,0	98,0	2924
19	Место парковки автотранспорта №3 на 63 места	15,0	83,0	1243
20	Место парковки автотранспорта №4 на 18 мест	15,0	68,0	1016
21	Место парковки автотранспорта №5 на 15 мест	50,0	48,0	2398

## Продолжение таблицы 2

№ п/п	Наименование объекта	Размеры объекта		
		Длина, м	Ширина, м	Площадь, м <sup>2</sup>
22	Место парковки автотранспорта №6 на 23 места	65,0	51,0	3316
23	Место парковки автотранспорта №7 на 100 мест	70,0	55,7	3897
24	Место парковки автотранспорта №8 на 25 мест	50,0	60	3000
25	Место парковки автотранспорта №9 на 15 мест	15,0	44,3	665
26	Место парковки автотранспорта №10 на 10 мест	12,0	43,8	526
27	Место парковки автотранспорта №11 на 44 места	15,0	54,7	820
28	Место парковки автотранспорта №12 на 37 мест	70,0	64,0	4490
29	Место парковки автотранспорта №13 на 84 места	25,0	62,0	1554
30	Место парковки автотранспорта №14 на 34 места	75,0	58,0	4350
31	Место парковки автотранспорта №15 на 32 места	25,0	49,7	1243
32	Место парковки автотранспорта №16 на 83 места	26,0	48,6	1263

### 1.3 Вывод по первому разделу

В результате выполнения первого раздела работы, приведена краткая характеристика объекта проектирования – АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» с указанием площади объектов, их расположения и требований к освещенности.



## 2 Светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

### 2.1 Светотехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

Светотехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» проводился в программе DIALux 4.12, являющейся самой совершенной и передовой программой для проектирования освещения всех типов.

Проводится расчёт общего освещения причала №1 АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Для начала работы открывается DIALux 4.12 Light (рисунок 3).

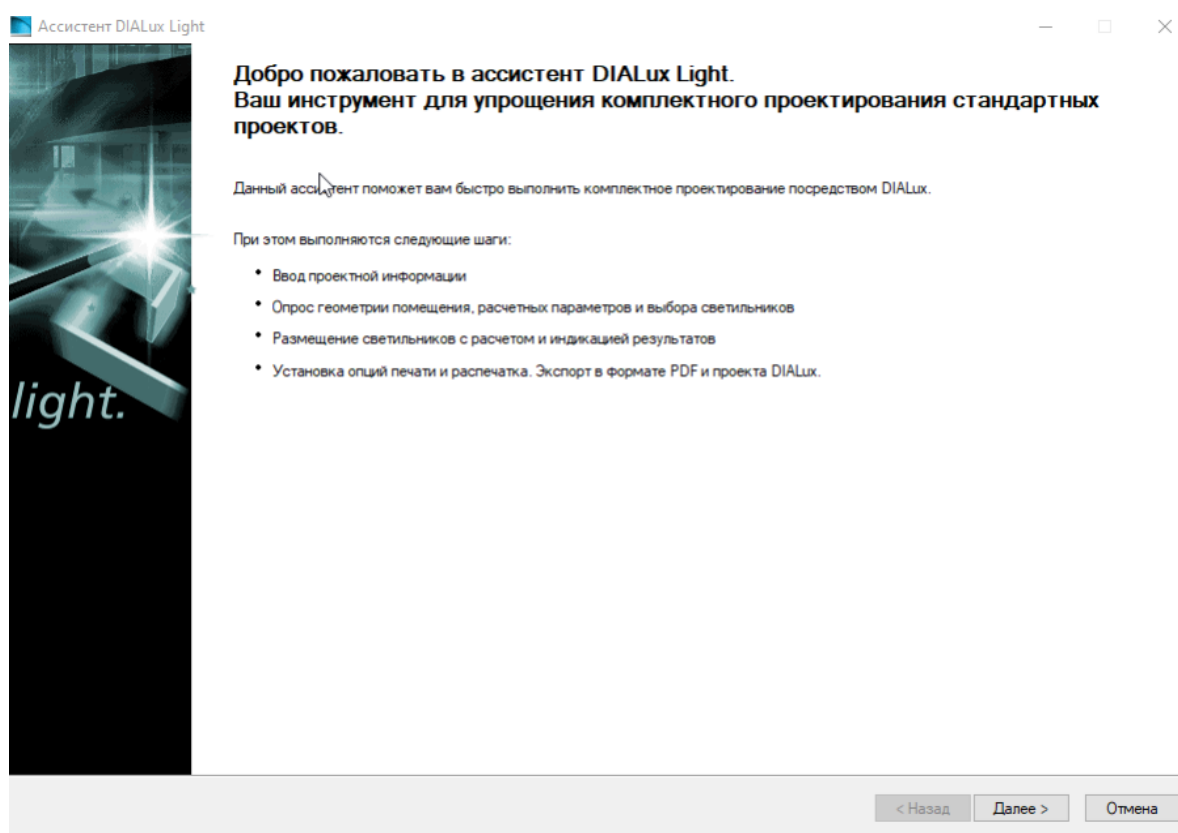


Рисунок 3 – Начало работы в DIALux 4.12 Light

В диалоговом окне вводится название проекта «ОБЩЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ» (рисунок 4).

Assistent DIALux Light

**Проектная информация**  
Введите здесь все сведения о проекте, помещении и об операторе.

Характеристики проекта

Название проекта: ОБЩЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Название помещения: Помещение 1

Описание проекта:

Свободно именуемые поля данных, показываемые на титульном листе проекта:

Название поля:	Значение:
1. Partner for Contact	
2. Order No.	
3. Company	
4. Customer No.	
5.	

Установить имя поля как стандарт

Щелкните сюда, чтобы сохранить названия полей для будущих проектов.

Оператор

Оператор:

Телефон:

Факс:

Электронная почта:

Компания:

Адрес:

Логотип:

Нет изображения.

Выбрать изображение...

Назначить оператора в качестве стандартного

Щелкните сюда, чтобы сохранить данные для оператора для будущих проектов.

< Назад **Далее >** Отмена

Рисунок 4 – Название проекта и ввод общих данных

Далее в диалоговых окнах программы выставляются (рисунок 5):

1) необходимые размеры (принимается прямоугольная форма), длина  $a=375$  м, ширина  $b=10$  м;

2) коэффициенты отражения: для пола  $\lambda=27\%$  (принимается бетон), для потолка и стен  $\lambda=0\%$  (в виду их отсутствия);

3) выбираются из каталога программы светильники уличного освещения с параметрами:

- марка - ДО15-120-001 Kosmos 750 (ТУ 3461-050-05014337-2014);

- предназначены для освещения площадей, стадионов, фасадов зданий, архитектурных памятников, подъездных путей, строительных площадок и других открытых пространств, а также внутреннего освещения закрытых спортивных и других сооружений;

- технические данные согласно каталогу: 220 В, 50 Гц, LED модуль, 117 Вт, 5000 (4750-5250) К, Ra=70-79, драйвер (PF=0,96), IP65, У1;
- световой поток светильника: 15292 лм;
- осевая сила света: 5517 кд;
- КСС "Д" (100°);
- размеры: LxВxН=375x230x163 мм;
- масса: 5,8 кг;
- установка: светильник монтируется на опорную поверхность из несгораемого материала или подвешивается;

4) выбирается вид монтажа – подвес (в связи с выбранным типом светильника).

Внесённые в программу данные и параметры для расчёта общего освещения причала №1 АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» показаны на рисунке 5.

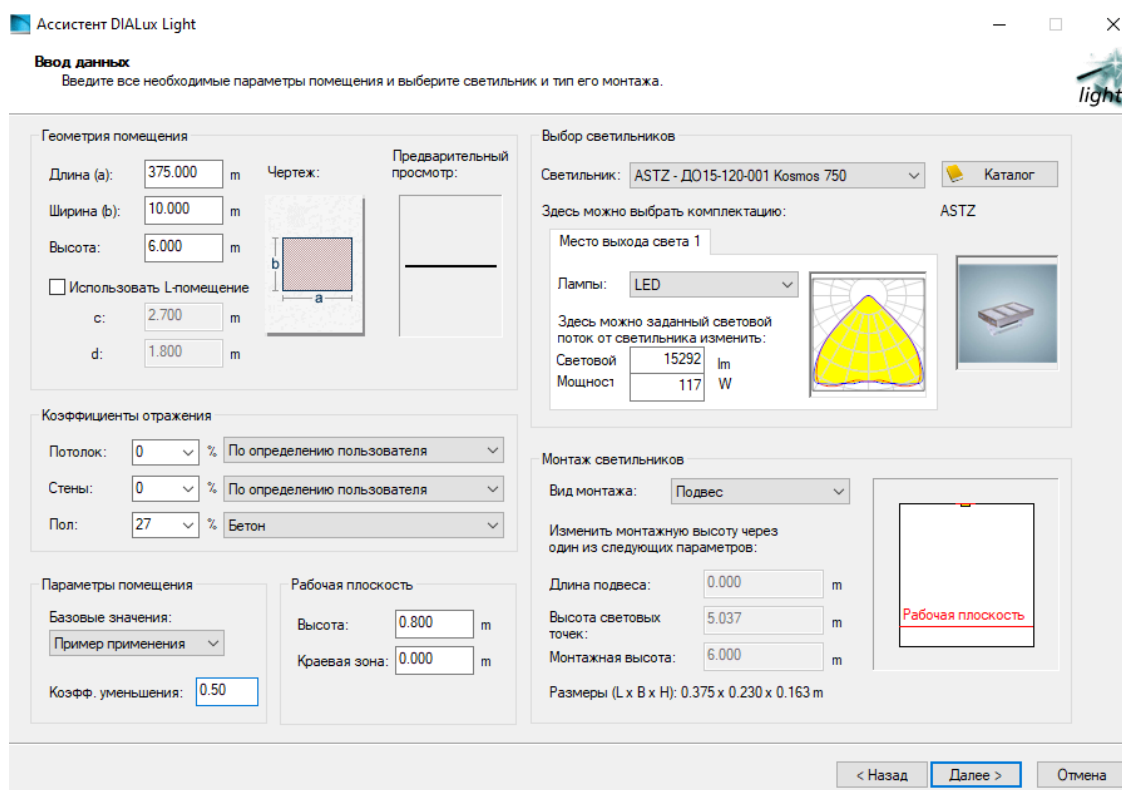


Рисунок 5 – Установка параметров и данных в DIALux 4.12 Light для расчёта общего освещения причала №1

Далее определяется планируемая величина освещённости освещения причала №1 АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад». Принимается максимальная величина согласно [1], равная 30 лк с учётом рассеивания и падения освещённости по периметру объекта.

С учётом выбранного типа светильника, а также конфигурации объекта, выбирается 18 светильников ДО15-120-001 Kosmos 750 [16] (2 ряда по 9 светильника в каждом – в связи с ограниченностью ширины объекта).

Выбирается равномерное освещение светильников с расстоянием:

- между светильниками  $l=41,67$  м;
- от светильников до боковых границ объекта: вертикальных  $l=20,83$  м; горизонтальных  $l=2,5$  м;
- расстояние: между светильниками – 5 м, между рядами светильников – 41,67 м.

Далее программа автоматически выдаёт результат расчёта (рисунок 6).

Ассистент DIALux Light

**Расчет и результаты**  
Здесь можно просчитать различные варианты и проверить результаты.

Светильник: ASTZ - ДО15-120-001 Kosmos 750

Размеры (L x B x H): 0.375 x 0.230 x 0.163 m

Расчетные параметры

Планируемое E<sub>п</sub>: 30 lx Предложение

E<sub>п</sub> из обстановки: 30 lx

Горизонтальное расположение

Число х: 9 41.67 m 20.83 m

Вертикальное расположение

Число у: 2 5.00 m 2.50 m

Параметры расположения

Вращение светильников: 270 ° Отцентрировать

Изолюк-линии

Автоматически  
 Свободный выбор

Новый: 0.00 lx

Вставить Стереть

Знач. в каче стандарта

	0.08	0.23	0.39	0.55	0.70	0.86	1.02	1.17	1.33	1.48	1.64	1.80
186.04	0.11	0.20	0.43	1.1	2.7	26	103	110	38	2.9	0.92	0.36
183.11	0.11	0.20	0.43	1.1	2.7	28	107	113	40	2.9	0.92	0.36
180.18	0.11	0.20	0.43	1.1	2.8	30	111	117	42	2.9	0.92	0.36
177.25	0.11	0.20	0.43	1.1	2.8	32	114	119	44	2.9	0.92	0.36
174.32	0.11	0.20	0.43	1.1	3.0	34	117	122	47	3.1	0.92	0.36
171.39	0.11	0.20	0.43	1.1	3.0	35	119	124	49	3.1	0.92	0.36
168.46	0.11	0.20	0.43	1.1	3.1	37	121	127	50	3.1	0.92	0.36

E <sub>av</sub> [lx]	E <sub>min</sub> [lx]	E <sub>max</sub> [lx]	E <sub>min</sub> / E <sub>av</sub>	E <sub>min</sub> / E <sub>max</sub>
30	0.10	224	0.00	0.00

Расчитать

< Назад Далее > Отмена

Рисунок 6 – Результаты расчёта общего освещения причала №1

Светотехнический расчёт остальных объектов АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» выполнен аналогично и результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты светотехнического расчёта объектов АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

№ п/п	Наименование объекта	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения					
		Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность свет-ка, кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	Суммарная мощность осв-я, кВт
Причалы										
1	Причал №1	375,0	10,00	30	ДО15-120-001 Kosmos 750	0,117	2	9	18	2,11
2	Причал №2	288,1	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
3	Причал №3	304,0	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
4	Причал №4	271,0	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
5	Причал №5	270,0	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
6	Причал №6	288,0	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
7	Причал №7	375,0	10,00	30		0,117	2	9	18	2,11
Морские вокзалы										
8	МВ №1	109,0	43,0	30	ДО15-120-001 Kosmos 750	0,117	3	4	12	1,41
9	МВ №2	109,0	43,0	30		0,117	3	4	12	1,41
10	МВ №3	61,0	68,0	30		0,117	3	4	12	1,41
11	МВ №4	97,0	43,0	30		0,117	3	4	12	1,41
Рампы, пункты регистрации и прочее										
12	Вертолётная площадка	28,0	28,0	30	ДО15-120-001 Kosmos 750	0,117	2	2	4	0,47
13	Рампа для приёма автот.средств	70,0	35,0	30		0,117	3	4	12	1,41
14	Регистрация автомобилей	250,0	60,0	25		0,117	7	7	49	5,73
15	Пешеходная галерея, соед. борт судна и здание МВ 3	30,0	15,0	5		0,117	1	2	2	0,23
16	Контрольно-пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств	20,0	20,0	25		0,117	1	2	2	0,23

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование объекта	Размеры объекта		Ен, лк	Результаты расчёта освещения					
		Длина, м	Ширина, м		Тип светильника	Мощность свет-ка, кВт	Кол-во рядов, шт.	Кол-во свет-в в ряду, шт.	Кол-во свет-в, шт.	Суммарная мощность осв-я, кВт
Места парковки автотранспорта										
17	№1 на 55 мест	50,0	122,7	15	ДО15-120-001	0,117	3	5	15	1,76
18	№2 на 111 мест	30,0	98,0	15	Kosmos 750	0,117	2	3	6	0,70
19	№3 на 63 места	15,0	83,0	15		0,117	2	2	4	0,47
20	№4 на 18 мест	15,0	68,0	15		0,117	2	2	4	0,47
21	№5 на 15 мест	50,0	48,0	15		0,117	2	3	6	0,70
22	№6 на 23 места	65,0	51,0	15		0,117	2	4	8	0,94
23	№7 на 100 мест	70,0	55,7	15		0,117	2	4	8	0,94
24	№8 на 25 мест	50,0	60,0	15		0,117	2	3	6	0,70
25	№9 на 15 мест	15,0	44,3	15		0,117	2	2	4	0,47
26	№10 на 10 мест	12,0	43,8	15		0,117	2	2	4	0,47
27	№11 на 44 места	15,0	54,7	15		0,117	2	2	4	0,47
28	№12 на 37 мест	70,0	64,0	15		0,117	3	3	9	1,1
29	№13 на 84 места	25,0	62,0	15		0,117	2	2	4	0,47
30	№14 на 34 места	75,0	58,0	15		0,117	3	3	9	1,1
31	№15 на 32 места	25,0	49,7	15		0,117	2	2	4	0,47
32	№16 на 83 места	26,0	48,6	15		0,117	2	2	4	0,47

В результате проведенного моделирования в программе DIALux 4.12 Light, выбраны типы и марки светильников для каждого помещения порта.

## **2.2 Электротехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

Электротехнический расчёт системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» предполагает выбор кабельных линий и автоматов.

Ввод для питания системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» осуществляется кабельной линией напряжением 380/220 В от РП-0,4 кВ портовой трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ.

При этом для обеспечения необходимого резервирования принимается установка трёх вводных щитов освещения (на каждую ветвь порта), которые питаются от разных секций шин низкого напряжения двухтрансформаторной ТП-10/0,4 кВ [1,2]. От каждого вводного щитка освещения получают питание магистральные щитки освещения, которые устанавливаются на каждом объекте, от которых далее получают питание линии освещения, питающие группы (ряды) светильников, что значительно повышает надёжность и безопасность схемы [10,11]. Вводные щитки освещения устанавливаются на входе в ветви порта.

В качестве вводного щитка освещения используется щит с монтажной панелью, типа УОЩВ [10,11]. В качестве коммутационного аппарата на вводе в щиток освещения установлен трёхфазный автоматический выключатель.

Питание к вводному щитку освещения, а также от вводного щитка к линейным, выполняется трёхфазным с применением пятипроводной системы нейтрали типа TN-C-S.

Питание отдельных групп светильников от магистральных щитков освещения выполняется однофазным с применением трёхпроводной системы нейтрали. При этом группы светильников получают питания от разных фаз, что также повышает надёжность и безопасность схемы [10,11].

В качестве проводников используются кабельные линии, прокладка – в траншее (условия порта это позволяют). Выбор типов проводников осветительной сети определяется условиями окружающей среды, назначением помещения, электро- и пожаробезопасностью, удобством монтажа, а также эстетическими требованиями [10,11]. Выбранный способ прокладки должен обеспечивать надежность, долговечность, пожарную безопасность, экономичность и доступность к обслуживанию и ремонтам проводок [10,11].

Как было указано ранее, принимается способ прокладки как питающей, так и распределительной сети освещения порта кабельными линиями в траншее в пластиковых трубах. Трубы используются для защиты проводов от механических повреждений, а также для удобства монтажа, и, в случае необходимости, замены кабеля. Трубы прокладываются в траншее и выводятся к светильникам [9,10].

Проводники электрических сетей освещения выбираются и проверяются по допустимому нагреву длительным расчетным током  $I_p$  [9]:

$$I'_{доп} \geq I_p^n, A, \quad (1)$$

где  $I_p$  – расчетный ток, А;

$I_{доп}$  – длительный допустимый ток для данного проводника по [2],

А;

$K_n$  – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки  $K_n=1$ ).

Для подключения осветительной сети используются медные кабели ВВГнг, проложенные в пластмассовых трубах в траншее [9].

Проверка сечения проводников по допустимой потере напряжения [1]:



$$S = \frac{\sum P_i \cdot l_i}{C \cdot \Delta U_i \cdot \cos \varphi}, \quad (2)$$

где  $P_i \cdot l_i$  - электрический момент нагрузки  $i$  - го участка сети, кВт·м;

$P_i$  - суммарная мощность нагрузки  $i$  - го участка сети, кВт;

$l_i$  - длина  $i$  - го участка сети, м;

$\Delta U$  – нормируемая потеря напряжения на  $i$  - м участке сети, %;

$C$  - коэффициент, значение которого зависит от напряжения сети, материала токоведущей жилы и числа проводов данного участка [1];

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности нагрузки (принимается  $\cos \varphi = 0,9$ ).

Результаты выбора сечения проводников осветительной сети приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты выбора сечения проводников осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

№ п/п	Назначение	$\sum P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Марка проводника	$\Delta U_{\partial}$ , %
Вводной ЩО №1 (восточное крыло)					
1	Кабель к вводному ЩО №1	11,14	16,92	ВВГнг 5x1,5	2,3
Причал №1					
2	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5x1,5	1,4
3	Ответвления к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3x0,75	0,5
Причал №2					
4	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5x1,5	1,6
5	Ответвления к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3x0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №1					
6	Магистральный кабель	1,76	2,67	ВВГнг 5x1,5	1,5
7	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,59	0,90	ВВГнг 3x0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №2					
8	Магистральный кабель	0,7	1,06	ВВГнг 5x1,5	1,4
9	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,35	0,53	ВВГнг 3x0,75	0,4

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Марка проводника	$\Delta U \partial$ , %
Место парковки автотранспорта №3					
10	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5х1,5	1,2
11	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3х0,75	0,3
Место парковки автотранспорта №4					
12	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5х1,5	1,8
13	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3х0,75	0,6
Место парковки автотранспорта №5					
14	Магистральный кабель	0,7	1,06	ВВГнг 5х1,5	1,7
15	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,35	0,53	ВВГнг 3х0,75	0,5
Рампа для приёма автотранспортных средств					
16	Магистральный кабель	1,41	2,14	ВВГнг 5х1,5	1,9
17	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,6
Морской вокзал №4					
18	Магистральный кабель	1,41	2,14	ВВГнг 5х1,5	1,8
19	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,5
Вводной ЩО №2 (центральное крыло)					
20	Кабель к вводному ЩО №2	20,17	30,6	ВВГнг 5х4	2,3
Причал №3					
21	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5х1,5	1,4
22	Ответвления к группам (рядом) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3х0,75	0,5
Причал №4					
23	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5х1,5	1,5
24	Ответвления к группам (рядом) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3х0,75	0,5
Причал №5					
24	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5х1,5	1,2
26	Ответвления к группам (рядом) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3х0,75	0,3
Морской вокзал №3					
27	Магистральный кабель	1,41	2,14	ВВГнг 5х1,5	1,1
28	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,3
Морской вокзал №2					
29	Магистральный кабель	1,41	2,14	ВВГнг 5х1,5	1,2
30	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,4
Место парковки автотранспорта №6					

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Марка проводника	$\Delta U_{\partial}$ , %
31	Магистральный кабель	0,94	1,43	ВВГнг 5х1,5	1,4
32	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №7					
33	Магистральный кабель	0,94	1,43	ВВГнг 5х1,5	1,6
34	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3х0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №8					
35	Магистральный кабель	0,7	1,06	ВВГнг 5х1,5	1,8
36	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,35	0,53	ВВГнг 3х0,75	0,6
Место парковки автотранспорта №9					
37	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5х1,5	1,6
38	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3х0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №10					
39	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5х1,5	1,4
40	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3х0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №11					
41	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5х1,5	1,5
42	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3х0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №12					
43	Магистральный кабель	1,1	1,67	ВВГнг 5х1,5	1,7
44	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,37	0,56	ВВГнг 3х0,75	0,5
Регистрация автомобилей					
45	Магистральный кабель	5,73	8,71	ВВГнг 5х1,5	1,4
46	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,82	1,25	ВВГнг 3х0,75	0,5
Пешеходная галерея					
47	Магистральный кабель	0,23	0,35	ВВГнг 5х1,5	1,6
48	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,12	0,18	ВВГнг 3х0,75	0,3
Контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств					
49	Магистральный кабель	0,23	0,35	ВВГнг 5х1,5	1,4
50	Ответвления к группам (рядом) светильников	0,12	0,18	ВВГнг 3х0,75	0,5
Вводной ЩО №3 (западное крыло)					
51	Кабель к вводному ЩО №3	8,61	13,1	ВВГнг 5х1,5	2,5
Причал №6					
52	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5х1,5	1,8

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Марка проводника	$\Delta U\theta$ , %
53	Ответвления к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3x0,75	0,6
Причал №7					
54	Магистральный кабель	2,11	3,2	ВВГнг 5x1,5	1,3
55	Ответвления к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	ВВГнг 3x0,75	0,3
Морской вокзал №1					
56	Магистральный кабель	1,41	2,14	ВВГнг 5x1,5	1,9
57	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,47	0,71	ВВГнг 3x0,75	0,6
Вертолётная площадка					
58	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5x1,5	1,6
59	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3x0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №13					
60	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5x1,5	1,4
61	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3x0,75	0,5
Место парковки автотранспорта №14					
62	Магистральный кабель	1,1	1,67	ВВГнг 5x1,5	1,8
63	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,37	0,56	ВВГнг 3x0,75	0,4
Место парковки автотранспорта №15					
64	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5x1,5	1,2
65	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3x0,75	0,2
Место парковки автотранспорта №16					
66	Магистральный кабель	0,47	0,71	ВВГнг 5x1,5	1,4
67	Ответвления к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	ВВГнг 3x0,75	0,5

Осветительные магистральные щиты выбираются в зависимости от количества групп, схемы соединения, аппаратов управления и защиты, а также по условиям среды, в которых они будут работать [10,11].

В качестве магистральных щитков освещения используются навесные щитки с дверью производства фирмы Siemens SIMBOX, глубина 70 мм, 12 модулей 8GB5742.

Кроме того, в данном типе щитка предусмотрена установка трёхфазного автомата ввода. В данном щитке используются автоматические

выключатели (автоматы) марки Siemens (трёхфазный – автомат ввода и однофазные – на каждую линию) [3].

Далее производится выбор автоматических выключателей, которые защищают и коммутируют спроектированную сеть освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Ток уставки автоматического выключателя  $I_a$  определяется таким образом согласно [3]

$$I_a \geq I_p, \quad (3)$$

где  $I_a$  – номинальное значение тока аппарата защиты, А

$I_p$  – расчетный ток нагрузки участка линии, защищаемого данным аппаратом защиты, А.

Результаты выбора автоматов для защиты и коммутации осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты выбора автоматов для защиты и коммутации осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Тип автомата	$I_a$ , А
Вводной ЩО №1 (восточная ветвь порта)					
1	Вводной автомат ЩО №1	11,14	16,92	Siemens 3P C 25A 5SL6306-7	25
Причал №1					
2	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
3	Автомат к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №2					
4	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
5	Автомат к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Тип автомата	$I_a$ , А
Место парковки автотранспорта №1					
6	Магистральный автомат	1,76	2,67	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
7	Автомат к группам (рядом) светильников	0,59	0,90	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №2					
8	Магистральный автомат	0,7	1,06	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
9	Автомат к группам (рядом) светильников	0,35	0,53	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №3					
10	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
11	Автомат к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №4					
12	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
13	Автомат к группам (рядом) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №5					
14	Магистральный автомат	0,7	1,06	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
15	Автомат к группам (рядом) светильников	0,35	0,53	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Рампа для приёма автотранспортных средств					
16	Магистральный автомат	1,41	2,14	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
17	Автомат к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №4					
18	Магистральный автомат	1,41	2,14	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
19	Автомат к группам (рядом) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вводной ЩО №2 (центральная ветвь порта)					
20	Вводной автомат ЩО №2	20,17	30,6	Siemens 3P C 32A 5SL6306-7	32
Причал №3					
21	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
22	Автомат к группам (рядом) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №4					
23	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
24	Автомат к группам свет-в	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Тип автомата	$I_a$ , А
Причал №5					
25	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
26	Автомат к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №3					
27	Магистральный автомат	1,41	2,14	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
28	Автомат к группам (рядам) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №2					
29	Магистральный автомат	1,41	2,14	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
30	Автомат к группам (рядам) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №6					
31	Магистральный автомат	0,94	1,43	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
32	Автомат к группам (рядам) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №7					
33	Магистральный автомат	0,94	1,43	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
34	Автомат к светильникам	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №8					
35	Магистральный автомат	0,7	1,06	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
36	Автомат к группам (рядам) светильников	0,35	0,53	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №9					
37	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
38	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №10					
39	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
40	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №11					
41	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
42	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №12					
43	Магистральный автомат	1,1	1,67	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Тип автомата	$I_a$ , А
44	Автомат к группам (рядам) светильников	0,37	0,56	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Регистрация автомобилей					
45	Магистральный автомат	5,73	8,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
46	Автомат к светильникам	0,82	1,25	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Пешеходная галерея					
47	Магистральный автомат	0,23	0,35	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
48	Автомат к группам (рядам) светильников	0,12	0,18	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств					
49	Магистральный автомат	0,23	0,35	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
50	Автомат к группам светильников	0,12	0,18	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вводной ЩО №3 (западная ветвь порта)					
51	Вводной автомат ЩО №1	8,61	13,1	Siemens 3P C 16A 5SL6306-7	16
Причал №6					
52	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
53	Автомат к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №7					
54	Магистральный автомат	2,11	3,2	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
55	Автомат к группам (рядам) светильников	1,05	1,6	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №1					
56	Магистральный автомат	1,41	2,14	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
57	Автомат к группам (рядам) светильников	0,47	0,71	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вертолётная площадка					
58	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
59	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №13					
60	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
61	Автомат к светильникам	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №14					
62	Магистральный автомат	1,1	1,67	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6



Продолжение таблицы 5

№ п/п	Назначение	$\Sigma P_i$ , кВт	$I_p$ , А	Тип автомата	$I_a$ , А
63	Автомат к светильникам	0,37	0,56	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №15					
64	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
65	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №16					
66	Магистральный автомат	0,47	0,71	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
67	Автомат к группам (рядам) светильников	0,24	0,36	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2

Кроме всего прочего, согласно требованиям [1], для осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» необходимо провести согласование выбранных проводников (т.е. кабельных линий) с аппаратами защиты.

В качестве проводников ранее в работе были выбраны кабели марки ВВГнг, а в качестве аппаратов защиты – автоматические выключатели марки Siemens.

При согласовании проводников с аппаратами защиты должно выполняться условие [1]

$$I_{доп} \geq I_{ср} / K_n, A, \quad (4)$$

где  $I_{доп}$  – справочное значение предельно допустимого тока кабельной линии, А;

$I_{ср}$  – значение тока срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя, который защищает кабельную линию освещения, А;

$K_n$  – нормируемого значение коэффициента надёжности. Согласно [1], принимается значение  $K_n = 1$  для защиты питающей сети (вводы и магистрали) и  $K_n = 0,8$  для защиты распределительной сети (ответвления к группам светильников).

Согласование проводится согласно (4) с учётом коэффициентов, приведённых в данном выражении.

Результаты окончательного согласования сечения проводников с автоматами защиты осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты окончательного согласования сечения проводников с автоматами защиты осветительной сети АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

№ п/п	Назначение	$I_{дон},$ А	Марка проводника	Марка автомата	$I_{ср.},$ А
Вводной ЩО №1 (восточное крыло)					
1	Ввод ЩО №1	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 25A 5SL6306-7	25
Причал №1					
2	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
3	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №2					
4	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
5	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №1					
6	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
7	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №2					
8	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
9	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №3					
10	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
11	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №4					

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Назначение	$I_{доп.}$ А	Марка проводника	Марка автомата	$I_{ср.}$ А
12	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
13	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №5					
14	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
15	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Рампа для приёма автотранспортных средств					
16	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
17	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №4					
18	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
19	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вводной ЩО №2 (центральное крыло)					
20	Ввод ЩО №2	38	ВВГнг 5х4	Siemens 3P C 32A 5SL6306-7	32
Причал №3					
21	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
22	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №4					
23	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
24	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №5					
24	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
26	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №3					
27	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
28	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №2					

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Назначение	$I_{дон},$ А	Марка проводника	Марка автомата	$I_{ср.},$ А
29	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
30	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №6					
31	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
32	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №7					
33	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
34	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №8					
35	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
36	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №9					
37	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
38	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №10					
39	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
40	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №11					
41	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
42	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №12					
43	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
44	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Регистрация автомобилей					
45	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
46	Ответвления к группам (рядом) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Пешеходная галерея					

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Назначение	$I_{дон},$ А	Марка проводника	Марка автомата	$I_{ср.},$ А
47	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
48	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств					
49	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
50	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вводной ЩО №3 (западное крыло)					
51	Ввод ЩО №3	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 16A 5SL6306-7	16
Причал №6					
52	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
53	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Причал №7					
54	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
55	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Морской вокзал №1					
56	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
57	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Вертолётная площадка					
58	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
59	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №13					
60	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
61	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №14					
62	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
63	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2
Место парковки автотранспорта №15					
64	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
65	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2

## Продолжение таблицы 6

№ п/п	Назначение	$I_{дон},$ А	Марка проводника	Марка автомата	$I_{ср.},$ А
Место парковки автотранспорта №16					
66	Магистраль	26	ВВГнг 5х1,5	Siemens 3P C 6A 5SL6102-7	6
67	Ответвления к группам (рядам) светильников	12	ВВГнг 3х0,75	Siemens 1P C 2A 5SL6102-7	2

В результате на всех линиях условия проверки выполняются.

Выбранные автоматы и проводники наносятся на графические листы работы.

План расположения системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» представлен на графическом листе №1.

Однолинейная электрическая схема освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» приведена на графическом листе №2.

Узлы монтажа кабельных линий системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» показаны на графическом листе №3.

### 2.3 Вывод по второму разделу

В результате выполнения второго раздела работы, проведены светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» с выбором источников освещения, их количества и размещения на территории АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», а также непосредственный выбор проводников и электрических аппаратов системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

### **3 Разработка автоматизированной системы освещения «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

#### **3.1 Задание на работу схемы управления системой освещения**

Согласно требованию современных нормативных документов, приведённых в [1], систему освещения портовых зон рекомендовано автоматизировать с применением необходимых датчиков освещённости.

В работе для автоматизации системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» применяется фотореле со встроенным датчиком освещённости, который можно регулировать в широком диапазоне.

Известно, что с наступлением сумерек уровень освещённости падает. Однако этот процесс происходит довольно медленно, поэтому нет необходимости во включении в работу сразу всех источников освещения порта.

В связи с этим аспектом, в работе предложено включать их постепенно по мере необходимости и достижения установленной величины освещённости для каждой группы светильников.

С целью устранения данных недостатков, разрабатывается система автоматизированного управления (САУ) системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад», что значительно уменьшит расходы на оплату электроэнергии [13-16].

К разрабатываемой САУ системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» предъявляются основные требования [13-16]:

- должна быть максимально простой и недорогой;
- иметь понятную систему управления, не требующую особых знаний и навыков;
- иметь возможность реконфигурирования параметров освещённости под изменяющиеся условия;

- не должна предъявлять особых требований к конструкции;
- обеспечивать надежную и устойчивую работу всех элементов системы.

### **3.2 Разработка структурной схемы управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

Для разработки структурной схемы системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад», кратко описываются основные функции, которые должна выполнять разрабатываемая система [13-16]:

- начальный запуск системы;
- выбор необходимого типа освещённости;
- прием данных с датчиков освещённости и обработка этих данных в соответствии с алгоритмом;
- вывод текущих параметров освещённости;
- формирование выходных сигналов для запуска исполнительных устройств системы освещения порта.

Учитывая приведённые выше аспекты, разработана структурная схема автоматического управления системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад», включающая такие модули [13-16]:

- 1) датчики освещённости;
- 2) схема согласования и управления;
- 3) устройство управления;
- 4) схемы согласования уровней напряжения;
- 5) ключевые элементы – фотореле;
- 6) пульт управления и индикации;
- 7) исполнительные элементы – светильники общего освещения.

В качестве фотореле с датчиком освещённости принимается фотореле ТН 1090100 LUNA 109, на DIN-рейку, немецкой фирмы Theben.

При этом внешний датчик освещённости входит в комплект поставки.



Предустановленная задержка срабатывания.

Исключено ложное срабатывание из-за случайного попадания света от фар, молнии и т.п.

Устройство имеет светодиодную индикацию статуса канала и плавную регулировку порога срабатывания по освещенности. Техническая информация и параметры:

- номинальное напряжение: 220 – 240 V AC;
- количество каналов: 1;
- энергопотребление в режиме ожидания: 1,1 Вт;
- диапазон настройки яркости: 2 – 2000 лк;
- коммутационная способность: 16 А (при 250 В AC,  $\cos \varphi = 1$ ).

В соответствии с определенными выше функциями, определяется общая структура работы системы.

В схеме устройство управления получает от датчиков освещённости, а также кнопок управления (при необходимости) данные, далее преобразуя их в соответствии с заданным алгоритмом работы, и выдает данные на цифровые индикаторы для визуального отображения параметров, а также при необходимости сигналы на ключевые элементы (в случае несоответствия параметров допуска входной/выходной величины).

Ключевые элементы (фотореле) позволяют включать/выключать исполнительные устройства в том порядке, который установлен в алгоритме.

Кроме того, включение исполнительных элементов системы освещения (светильники общего освещения) осуществляется избирательно (в зависимости от необходимости) и контролируется датчиками освещённости, что также является значительной экономией затрат на оплату электроэнергии.

Структурная схема разрабатываемой САУ системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» с описанными элементами представлена на графическом листе №4.

### **3.3 Разработка принципиальной схемы управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

В качестве целевой серии для построения САУ системы освещения порта выбираются устройства компании Siemens, а именно универсальные логические модули LOGO.

Для построения САУ нужны модули [13-16]:

- блок питания LOGO! Power;
- программируемое реле Siemens LOGO! 24RC;
- модуль расширения LOGO! DM16 24R;
- модуль интерфейса связи LOGO! CM LON;
- преобразователь интерфейса LON / RS-232;
- прочая коммутационная и защитная электроаппаратура.

В системе необходимо визуально отображать текущую освещённость и выбранный режим работы (автоматический, ручной, полуавтоматический).

Для этого используются семисегментные индикаторы [13-16].

Можно предположить, что возникнет такая ситуация, когда в помещении, где находится пульт оператора, будет отрицательная температура, поэтому для визуализации текущей температуры принимается трехразрядный семисегментный индикатор.

Основных рабочих режимов - пять, поэтому для отображения рабочего режима используется одноразрядный семисегментный индикатор. Используются индикаторы BA56-12 фирмы KingBrigth [13] и LDD3051 фирмы LIGI [13].

Используя выбранные компоненты, разрабатывается принципиальная электрическая схема управления системы освещения порта.

Для каждой их групп исполнительных элементов схемы (группы светильников общего освещения) предусмотрен отдельный защитный автоматический выключатель, индикатор работы на щите и отдельное

сильноточное реле (пускатель) с контактами, рассчитанными на коммутацию нагрузки, соответствующей подключаемому потребителю [14].

Управление обмотками реле групп исполнительных элементов схемы будет производиться программируемым реле Siemens LOGO! 24RC, но, так как данное устройство способно коммутировать только четыре канала (групп), дополнительно к нему используется модуль расширения LOGO! DM16 24R, позволяющий коммутировать дополнительно 16 групп [14].

Этот аспект крайне важен при возможном расширении заданной САУ и позволяет подключать дополнительные элементы, а также способствует резервированию и повышению надёжности элементов САУ.

Для обеспечения питанием программируемого реле и модулей используется блок питания LOGO! Power [14].

Для обеспечения связи с компьютером АРМ диспетчера используется модуль интерфейса связи LOGO! CM LON [14].

Для подключения к сети с интерфейсом LON персонального компьютера АРМ диспетчера используется преобразователь интерфейса LON/ RS-232 [12-14].

Работает система следующим образом.

Сигналы управления от датчиков освещённости поступают на входы основного реле А1.

В соответствии с заданием, активируется программа включения/переключения исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) с помощью ключевых элементов - фотореле [14].

Питание схемы входных сигналов осуществляется от блока питания. Подключение сигналов группового управления показано на рисунке 7.

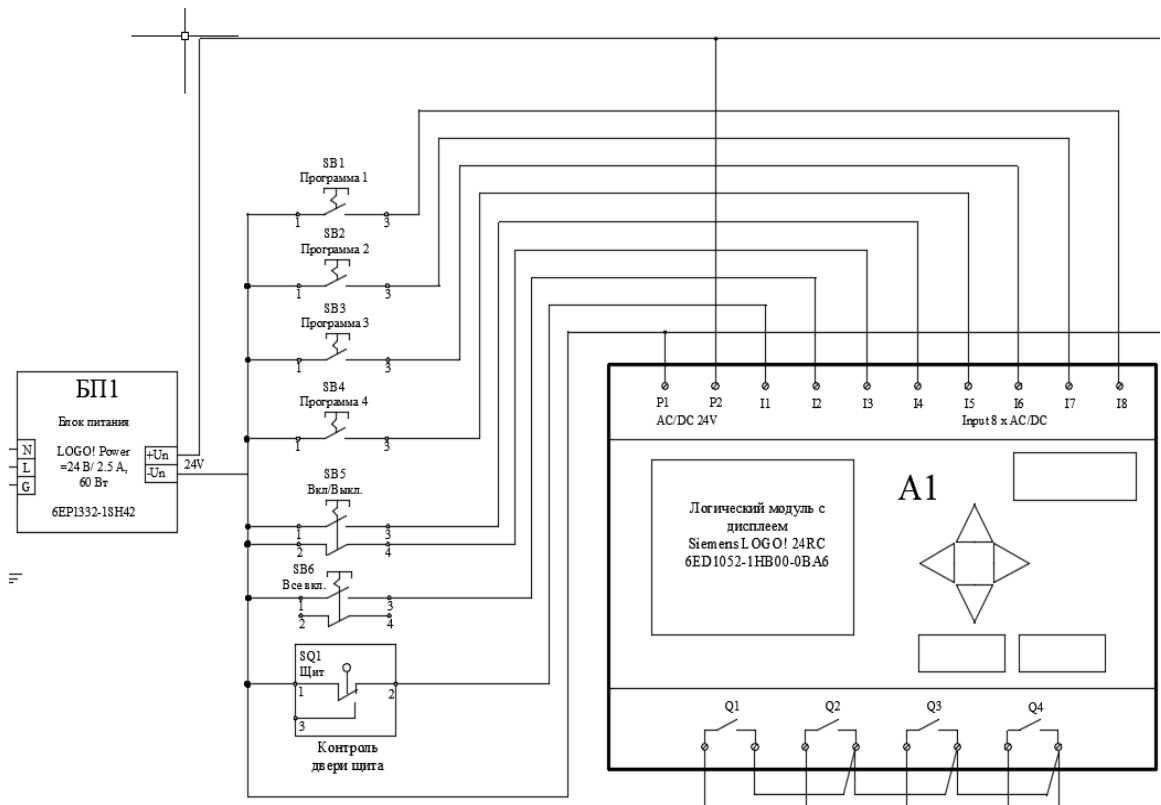


Рисунок 7 - Подключение сигналов группового управления

Подключение сигналов управления реле коммутации групп исполнительных элементов схемы показано на рисунке 8.

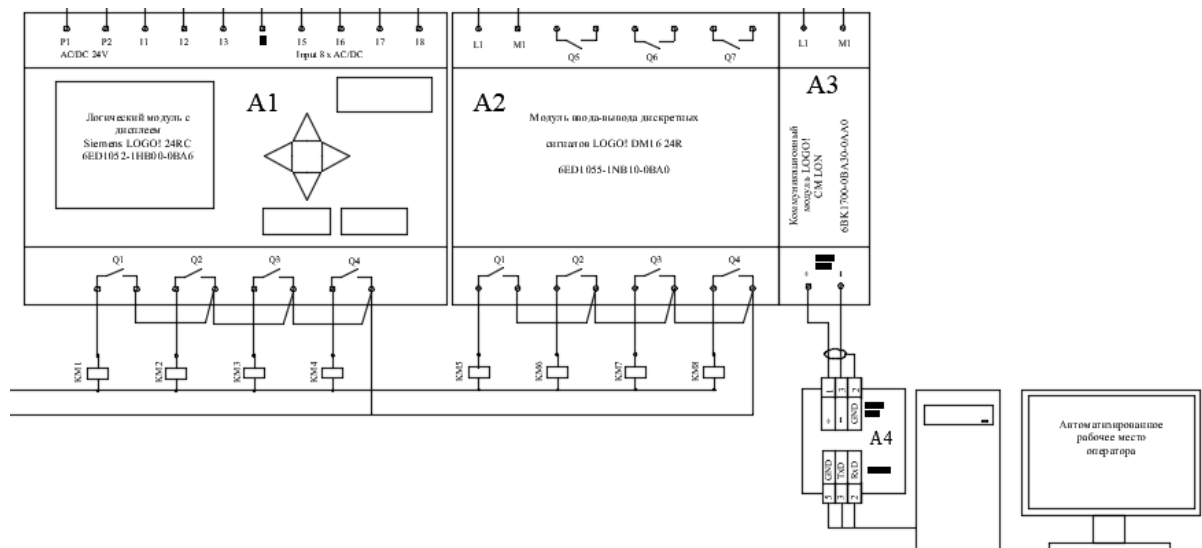


Рисунок 8 - Подключение сигналов управления реле коммутации групп исполнительных элементов схемы

Реагируя на сигналы от управления, равно как и на сигналы, поступающие по сети от АРМ диспетчера и реализуя соответствующие программы, хранящиеся в памяти, программируемое реле выдает управляющие воздействия для управления реле (пускателями) групп исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) через соответствующие ключевые элементы – фотореле [15].

Через выходные клеммы «Qn» реле и модуля расширения осуществляется коммутация обмоток силовых реле (контакторов) КМ, которые, в свою очередь, управляют группами исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) через соответствующие фотореле.

Использование в качестве управляющего устройства программного реле позволяет реализовать коммутационные программы управления группами исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) через соответствующие фотореле практически любой сложности [16].

Для изменения программы управления достаточно внести изменения в программу управления (ручной режим), что значительно проще внесения изменений в электрическую схему системы управления (как требовалось в релейных системах) [16].

Расширение САУ системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» также реализуется подключением дополнительных групп на резервные выходы Q модуля расширения и внесением соответствующих изменений в программу реле.

Таким образом, разработанная схема обладает гибкими возможностями и высокой универсальностью и может служить хорошей основой для построения САУ системой освещения.

При необходимости данная схема может быть легко дополнена в связи с необходимостью подключением новых датчиков и/или оборудования.

Кроме того, данная САУ может быть использована как базовая при разработке аналогичных систем автоматического управления.

Принципиальная схема разработанной САУ системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» представлена на графическом листе №5.

### **3.4 Вывод по третьему разделу**

В результате выполнения третьего раздела работы, осуществлена разработка автоматизированной системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», включающая выполнение следующих исследований: описание задания на работу схемы управления системой освещения, разработка структурной и принципиальной схем управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» на объекте исследования.

## **4 Мероприятия по технике безопасности и охране труда**

### **4.1 Мероприятия по технике безопасности и охране труда при выполнении работ в системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

Основными мероприятиями по защите персонала от поражения электрическим током при монтаже, обслуживании и ремонте систем освещения всех типов, согласно [24], являются:

1) правильный выбор проводов, кабелей и установочных изделий по климатическому исполнению и степени защиты от воздействия окружающей среды и от поражения электрическим током;

2) систематический инструктаж персонала и проверка знаний персонала по правилам электробезопасности при проведении различных работ.

При эксплуатации электрооборудования систем освещения, необходимо неуклонно придерживаться требований электробезопасности [24], которые, в общем, состоят в выполнении следующих мероприятий:

- постоянно следить за надежностью заземления осветительных установок, шкафов, пультов и ящиков управления, а также клеммных коробок, труб, металлических конструкций, которые в аварийных ситуациях могут оказаться под напряжением;

- двери и крышки шкафов управления системы освещения, пультов, ящиков управления и клеммных коробок должны быть постоянно закрыты и заперты с помощью предусмотренных для этой цели механизмов;

- обслуживание и эксплуатацию следует производить в соответствии с действующими нормами [24];

- персонал обязан иметь, знать и выполнять должностные инструкции по безопасным методам работы, а также пройти соответствующую подготовку и иметь допуск к работе с данным оборудованием;

- после окончания работы оборудования необходимо повернуть ключ в положение «Откл» и вытащить ключ из замка;

- необходимо применение при эксплуатации и текущем ремонте оборудования осветительной арматуры и ручных машин напряжение 36 В и ниже;

- необходимо выполнить заземление элементов электроустановки и установка предупредительных надписей;

- запрещается обслуживание и ремонт системы освещения с применением не поверенных или просроченных инструментов и такелажных приспособлений, а также прочих приспособлений, не приспособленных для данных целей;

- запрещается ремонт и обслуживание системы освещения, находящейся под напряжением или с частичным его снятием без обеспечения видимого разрыва в цепи системы освещения;

- запрещается пользоваться при проверке напряжения контрольными лампами.

Наиболее универсальным и одним из действенных мероприятий, улучшающим технику безопасности обслуживающего персонала, является автоматизация процессов в системе освещения.

При эксплуатации оборудования необходимо выполнять требования, относящиеся к любому оборудованию, а также некоторые специфические требования.

К общим требованиям относятся:

- ежемесячные осмотры осветительных устройств, пультов, шкафов, кабелей, при которых особо тщательно проверяют: надёжность и качество всех основных соединений; крепление арматуры, визуально осматривают кабельные линии и аппараты защиты;

- целостность источников освещения (ламп);

- исправность систем автоматики, включая датчики, фотореле и т.д.

Во время работы системы освещения ни в коем случае нельзя чистить



рабочие поверхности ламп, а также открывать светильники и производить иные операции.

Только после отключения и проверки отсутствия напряжения осветительные установки очищают от пыли и грязи, проверяют состояние узлов, и крепежей, а также внешнее состояние всей осветительной арматуры согласно нормативным требованиям и технических характеристик механизмов и установок в целом.

Мероприятия, обеспечивающие безопасность проведения работ, можно условно разделить на две группы – организационные и технические.

Первая группа мероприятий направлена на правильную организацию выполнения работ, вторая – на непосредственную техническую защиту обслуживающего, эксплуатационного и ремонтного персонала от поражения электрическим током при выполнении соответствующих работ в электроустановках.

К организационным мероприятиям относятся [24]:

- выдача нарядов и распоряжений для проведения работ в электроустановках;
- назначение лиц, отвечающих за безопасное проведение работ (руководителя работ, допускающего, наблюдающего, членов бригады);
- непосредственное проведение инструктажей (вводного, на рабочем месте, плановых, внеплановых);
- допуск рабочей бригады к работе;
- надзор во время выполнения работ бригадой;
- оформление перерывов в работе;
- перевод на другое рабочее место (при необходимости);
- окончание работ в электроустановках.

К техническим мероприятиям относятся [24]:

- производство необходимых коммутационных переключений;
- принять меры, которые препятствуют самопроизвольному включению коммутационных аппаратов путём применения их блокировок, а также

расшиновке цепи, отсоединения кабельных и воздушных вводов, снятием отдельных коммутационных аппаратов и (или) их приводов (ключей) и т.д.;

- вывесить запрещающие плакаты на приводах коммутационных аппаратов и ключах управления;

- убедиться в отсутствии напряжения на токоведущих частях путём использования технических средств (указателей напряжения и т.д.);

- наложить переносное заземление там, где это необходимо (на токоведущих частях электроустановок). В случае, если на электрооборудовании установлены заземляющие ножи, необходимо их включить. В этом случае переносное заземление разрешается не устанавливать;

- оградить рабочее место, а также токоведущие части, оставшиеся под напряжением;

- вывесить плакаты по технике безопасности (предписывающие и предупреждающие).

Необходимо помнить, что в электроустановках всех типов и классов напряжения должен быть обеспечен видимый разрыв.

В осветительных сетях и электроустановках до 1 кВ его обеспечивают рубильники (при их отключении) и предохранители (при их снятии).

Кроме всего прочего, при выполнении работ в электроустановках необходимо пользоваться специальными защитными средствами:

- спец. одеждой и обувью (выдаётся работодателем);
- спец. инструментами (обязательно должны быть поверены);
- спец. приспособлениями индивидуальной защиты (диэлектрические коврики, подставки, перчатки, каски и др.).

До выполнения работ в электроустановках допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста и прошедшие соответствующее обучение согласно требований [24,25].

При этом всем прошедшим обучение присваивается соответствующая группа допуска по электробезопасности.

Всего существует пять групп по электробезопасности.

Каждая последующая группа включает в себя знание предыдущей, а также новые знания и навыки, присущие данной группе.

При назначении ответственных за безопасное проведение работ обязательно должна учитываться группа по электробезопасности (не ниже установленной).

Также при работе в электроустановках необходимыми являются навыки оказания первой медицинской помощи до приезда врача.

Каждый член бригады должен владеть навыками выполнения искусственного дыхания, непрямого массажа сердца, освобождения пострадавшего от электрического напряжения и т.д.

Все данные аспекты являются строго обязательными к выполнению при работе в электроустановках.

#### **4.2 Заземление осветительных установок АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»**

Заземление осветительных установок АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» осуществляется специальным проводником кабельных линий передач, который присоединяется к заземляющему устройству системы освещения.

В спроектированной в работе системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» применяется система заземления нейтрали TN-C-S, в которой РЕ проводник является защитным, взятым непосредственно из контура заземления системы освещения.

Поэтому в работе проводится расчёт индивидуального контура заземления системы освещения, к которой непосредственно присоединяются проводники заземления системы освещения (РЕ – проводники кабелей).

Согласно [1], сопротивление заземляющего устройства должно быть не более

$$R_3 \leq R = \frac{125}{I}, \quad (5)$$

где  $I$  – значение расчетного тока замыкания на землю, А.

Значение расчетного тока замыкания на землю:

$$I = 10 \cdot \left( \frac{l_B}{350} + \frac{l_K}{10} \right) \quad (6)$$

где  $l_B, l_K$ , – длина соответственно воздушных линий и кабелей, электрически связанных между собой, км [1].

В данном случае имеются только кабельные линии, суммарная длина которых  $l_K = 12,2$  км, а  $l_B = 0$  км.

Следовательно

$$I = 10 \cdot \frac{12,2}{10} = 12,2 \text{ А.}$$

$$R = \frac{125}{12,2} = 10,2 \text{ Ом.}$$

Заземляющее устройство системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» выполняется в виде прямоугольного контура из горизонтально проложенной на глубине 0,8 м круглой стали диаметром 10 мм, а также из расположенных по этому контуру вертикальных стержней из угловой стали 40х40х4 мм, длиной 3 м, отстоящих друг от друга на одинаковом расстоянии 3 м.

Принимается удельное сопротивление грунта в месте сооружения контура заземления  $\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Расчетное значение удельного сопротивления грунта:

$$\rho_p = K \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $K$  – коэффициент сезона.

Значит

$$\rho_p = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Для горизонтальных стержней:

$$\rho_p = 2,11 \cdot 60 = 132 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Сопротивление одного стержня из угловой стали:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho_p}{l} \left( \lg \frac{2 \cdot l}{0,95 \cdot B} + 0,5 \lg \frac{4t + 3l}{4t + l} \right), \quad (8)$$

где  $l = l_B$  – длина стержня, м;

$B$  – ширина полки уголка, м.

По условию (5)

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{90}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,04} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 0,8 + 3 \cdot 3}{4 \cdot 0,8 + 3} \right) = 164,7 \text{ Ом}.$$

Ориентировочное число вертикальных стержней без учёта их взаимного экранирования:

$$n = \frac{R_\epsilon}{R} = \frac{164,7}{10,2} = 16,1$$

Принимается  $n = 16$  шт.

Результирующее сопротивление всех вертикальных стержней с учётом их взаимного экранирования:

$$R_{\text{в.э.}} = \frac{164,7}{16 \cdot 0,5} = 20,6 \text{ Ом}$$

Сопротивление горизонтального заземлителя длиной

$$l_2 = n \cdot a, \text{ м.} \quad (9)$$

$$l_2 = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м.} :$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{\rho_p}{l_2} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_2^2}{2d \cdot t}, \text{ Ом.} \quad (10)$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \cdot \frac{126,6}{12} \cdot \lg \frac{2 \cdot 12^2}{0,01 \cdot 0,8} = 16 \text{ Ом.}$$

Тогда результирующее сопротивление горизонтального замкнутого контура с учётом экранирования:

$$R_{\text{г.э.}} = \frac{16,0}{0,8} = 20 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление всего устройства заземления системы освещения пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад»:

$$R_{\text{з}} = \frac{20,6 \cdot 20}{20,6 + 20} = 10,1 \text{ Ом,}$$

что соответствует условию (5)

$$R_3 = 10,1 < R = 10,2, \text{ Ом.}$$

Условия проверки всех требований выполнены.

Принимается для контура заземления системы освещения 16 вертикальных стержней с расположением по квадрату (4x4 шт), с расстоянием между стержнями 3 м.

Конструкция заземляющего устройства системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» показана на графическом листе №6.

### **4.3 Вывод по четвёртому разделу**

В результате выполнения четвёртого раздела работы, осуществлена разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда при выполнении работ в системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Выполнен непосредственный расчёт контура заземления спроектированной системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»

Установлено, что заземление осветительных установок АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» осуществляется специальным проводником кабельных линий передач, который присоединяется к заземляющему устройству системы освещения.

В системе освещения порта применяется система заземления нейтрали TN-C-S, в которой РЕ проводник является защитным, взятым непосредственно из контура заземления системы освещения, что соответствует установленным требованиям нормативных документов.

## Заключение

В результате выполнения работы разработан проект системы освещения предприятия на примере АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад».

Согласно поставленным задачам, в работе решены основные задачи работы, а именно:

- проведено обоснование актуальности разрабатываемой темы, приведена краткая характеристика объекта проектирования (АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»). Рассмотрены требования к освещенности гражданских сооружений;

- проведён светотехнический и электротехнический расчёты системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»;

- осуществлена разработка автоматизированной системы освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», включающая выполнение следующих исследований: описание задания на работу схемы управления системой освещения, разработка структурной и принципиальной схем управления освещением АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» на объекте исследования;

- разработаны мероприятия по технике безопасности и охране труда. В данной главе детально рассматриваются мероприятия по технике безопасности и охране труда при выполнении работ в системе освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад»;

- произведен расчет заземления осветительных установок объекта исследования.

Спроектированная система освещения АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» отвечает требованиям нормативных документов по надёжности, электробезопасности и экономичности.



## Список используемых источников

1. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777).
2. Баранов Л.А. Светотехника и электротехнология / Л. А. Баранов, В. А. Захаров -М.: Колос, 2018. 343с.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / 7-е изд-е. - М.: Альвис, 2018. 632 с.
4. АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад». Режим доступа: <https://www.portspb.ru/>. Дата обращения 18.02.2020 г.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: КНОРУС, 2016. 324 с.
6. Газалов В.С. Светотехника и электротехнология. Учебное пособие. /В.С. Газалов. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2003. 268 с.
7. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301>. Дата обращения 07.03.2020 г.
8. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
9. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // РД РАО «ЕЭС России». – М.: Министерство энергетики, 2013.
10. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. 416 с.
11. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие/А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. - Ст. Оскол: ТНТ, 2013. 524 с.

12. Кадомская К.П. Электрооборудование систем автоматического управления нового поколения / К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 343 с.
13. Кангин В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. Ст. Оскол: ТНТ, 2013. 408 с.
14. Пантелеев В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. М.: ИЦ Академия, 2013. 208 с.
15. Кудрин Б. И. Электроснабжение / Б.И. Кудрин. М.: Academia, 2018. 352 с.
16. Ардатовский светотехнический завод. Светильники Д015-120-001 Kosmos 750. Режим доступа: <http://www.astz.ru/ru-production/svetodiodnyiy-prozhektor-serii-do15-Kosmos/do15-120-001-Kosmos-750/>
17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
18. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС., 2018. 312 с.
19. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина. М.: Энергоатомиздат, 2016. 576 с.
20. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. М.: Лань, 2015. 480 с.
21. Хорольский В. Я. Надежность электроснабжения / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. М.: Форум, Инфра-М, 2015. 128 с.
22. Хорольский В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. М.: Дрофа, 2015. 288 с.
23. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В.П. Шеховцов. М.: Форум, Инфра-М, 2015. 136 с.
24. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.

25. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. / 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2016. 392 с.
26. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 № 197 – ФЗ // Российская газета. 2001.
27. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. М.: Инфра-М, 2018. 396 с.
28. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 464 с.
29. Курдюмов В.И., Зотов, Б.И. Энергетика и экология / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. М.: Колос, 2015. 247 с.

## Приложение А

### Спецификация объектов к графическому листу 1.

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во	Прим.
1	Причал №1	1	1	
2	Причал №2	2	1	
3	Причал №3	3	1	
4	Причал №4	4	1	
5	Причал №5	5	1	
6	Причал №6	6	1	
7	Причал №7	7	1	
8	Морской вокзал №1	8	1	
9	Морской вокзал №2	9	1	
10	Морской вокзал №3	10	1	
11	Морской вокзал №4	11	1	
12	Вертолётная площадка	12	1	
13	Рампа для приёма автотранспортных средств	13	1	
14	Регистрация автомобилей	14	1	
15	Пешеходная галерея, соединяющая борт судна и здание Морского вокзала № 3	15	1	
16	Контрольно – пропускной пункт и пункт регистрации автотранспортных средств	16	1	
17	Место парковки автотранспорта №1 на 55 мест	17	1	
18	Место парковки автотранспорта №2 на 111 мест	18	1	
19	Место парковки автотранспорта №3 на 63 места	19	1	
20	Место парковки автотранспорта №4 на 18 мест	20	1	
21	Место парковки автотранспорта №5 на 15 мест	21	1	
22	Место парковки автотранспорта №6 на 23 места	22	1	

Продолжение приложения А

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во	Прим.
23	Место парковки автотранспорта №7 на 100 мест	23	1	
24	Место парковки автотранспорта №8 на 25 мест	24	1	
25	Место парковки автотранспорта №9 на 15 мест	25	1	
26	Место парковки автотранспорта №10 на 10 мест	26	1	
27	Место парковки автотранспорта №11 на 44 места	27	1	
28	Место парковки автотранспорта №12 на 37 мест	28	1	
29	Место парковки автотранспорта №13 на 84 места	29	1	
30	Место парковки автотранспорта №14 на 34 места	30	1	
31	Место парковки автотранспорта №15 на 32 места	31	1	
32	Место парковки автотранспорта №16 на 83 места	32	1	