

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

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

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия»

Студент	<u>А.А. Докалина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.Н. Черненко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультант	<u>А.В. Кириллова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)
« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

Аннотация

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является проект системы электроснабжения производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия, разработанный с учетом режимов работы и номинальных параметров электрооборудования.

В процессе проектирования системы электроснабжения были решены следующие задачи:

- произведен расчет электрических нагрузок;
- произведен расчет искусственного общего и аварийного освещения;
- произведен выбор силовых трансформаторов;
- произведен выбор схемы электроснабжения;
- произведен расчет номинальных токов;
- произведен выбор кабельной продукции и оборудования;
- выполнен расчет заземления;
- произведен выбор типа молниезащиты;
- предусмотрены мероприятия по энергоэффективности;
- предусмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности в рамках системы электроснабжения предприятия.

Выпускная квалификационная работа представлена на 66 страницах, содержит 22 таблицы, 6 рисунков, 2 приложения. Графическая часть выполнена на 6 листах формата А1.

Abstract

The title of the graduation work is «The electrical equipment and electric economy of the woodworking production and warehouse facility».

The graduation work consists of an explanatory note on 66 pages, including 6 figures, 22 tables, 2 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

This senior thesis is devoted to the design of the industrial facility and warehouse building, as well as the calculation of electrical loads, the selection of electrical apparatus and distribution network equipment.

The aim of the graduation work is to design a reliable and economical system of power supply for the woodworking production and warehouse facility.

The object of the graduation work is production and warehouse facility of a woodworking enterprise.

The subject of the graduation work is the power supply system for the production and storage building of a woodworking enterprise.

The author dwells on electricity distribution within the facility of the enterprise.

All eleven parts look toward improving the effectiveness of facility power supply of the housing of the woodworking enterprise.

The graduation work describes in details the procedure for calculating electrical loads and the choice of electrical equipment for the facility.

The result of the qualification work is the projected network for the design of the woodworking enterprise. This distribution network complies with the current requirements of reference documentation in the field of electrical facility design, as well as the requirements of sanitary norms and regulations.

Содержание

Введение.....	5
1 Краткая характеристика объекта проектирования	7
2 Расчет электрических нагрузок	9
2.1 Расчет освещения	9
2.2 Расчет нагрузок силовых линий и вводов	14
3 Выбор силовых трансформаторов.....	23
4 Выбор схемы электроснабжения.....	32
5 Расчет номинальных токов и выбор проводников	33
6 Расчет токов короткого замыкания	39
7 Выбор оборудования.....	49
7.1 Выбор автоматических выключателей	49
7.2 Выбор плавких предохранителей	54
7.3 Выбор рубильника	55
8 Расчет заземления	57
9 Расчет молниезащиты	59
10 Энергетическая эффективность.....	60
11 Обеспечение пожарной безопасности.....	61
Заключение	62
Список используемых источников.....	64
Приложение А	67

Введение

В настоящее время использование электрического оборудования в технологическом процессе, искусственное общее и местное рабочее освещение стали неотъемлемой составляющей в организации производственного процесса и рабочих мест. Чтобы электрические устройства и аппараты работали без отклонений от их нормального рабочего режима необходимо, чтобы система электроснабжения была спроектирована грамотно.

Проектирование системы электроснабжения – это сложный трудоемкий процесс, от которого зависит не только бесперебойная работа оборудования в рамках технологического процесса предприятия, но и электробезопасность, пожарная безопасность объекта проектирования, а также экономическая стоимость проектного решения. Правильный выбор электрического оборудования для системы электроснабжения в соответствии с условиями ее работы позволит не только повысить надежность данной системы, но и сократить ее стоимость.

Схема электроснабжения производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия должна обладать следующими характеристиками: простота обслуживания и монтажа, минимальная стоимость при максимально высокой надежности.

Разработанное проектное решение должно соответствовать действующим нормативным документам в области электроснабжения, строительства, пожарной безопасности, эксплуатации электроустановок и т.д.

Основная цель выпускной квалификационной работы – проектирование надежной, энергоэффективной и экономически целесообразной системы электроснабжения производственно-складского корпуса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- произвести анализ характеристик объекта проектирования;
- произвести выбор схемы электроснабжения;

- выполнить расчет электрических нагрузок и освещения;
- выполнить расчет аварийного освещения;
- выбрать силовые трансформаторы;
- произвести расчет номинальных токов;
- произвести расчет токов короткого замыкания;
- произвести выбор оборудования и проводников;
- произвести расчет заземления;
- произвести выбор типа молниезащиты.

В рамках проектирования системы электроснабжения должны быть предусмотрены мероприятия по энергетической эффективности, а также по пожарной безопасности объекта проектирования.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Объектом выпускной квалификационной работы является производственно-складской корпус деревообрабатывающего предприятия, расположенного в селе Павловск Алтайского края, который относится к группе компаний по переработке дерева ЛХК «Алтайлес» (рисунок 1). Основным направлением деятельности предприятия является производство погонажных изделий (плинтус, наличник, доска половая, брусок строганный), окон и дверей различной сложности. Производственная структура предприятия включает в себя три корпуса.

Исследуемый корпус деревообрабатывающего предприятия включает административно-бытовые помещения, объекты общепита, производственные помещения, склад.

Производственные помещения представлены слесарным цехом и вспомогательными помещениями для обслуживания транспорта. В слесарном цехе осуществляется обучение, аттестация и подготовка работников производства, а так же изготовление заготовок для производства окон и дверей и погонажных изделий в небольших объемах.

Хранение, оптовая реализация и отгрузка произведенной продукции осуществляется со складского помещения корпуса общей площадью более 12000 м².

Объекты общепита представлены наиболее численной группой помещений, в которых осуществляется полный цикл производства кулинарной продукции и кондитерских изделий, таких как: горячий и холодный цех, мясорыбный цех, овощной цех, помещения хранения, помещения холодильников, моечные, обеденный зал.

Силовыми электроприемниками производственно-складского корпуса являются: технологическое оборудование, устройства приточно-вытяжной вентиляции, установки пожаротушения. Электроприемники рассчитаны на класс напряжения ~220/380 В.

Корпус деревообрабатывающего предприятия относится ко II категории надежности электроснабжения. Также существует выделенная группа электроприемников I категории надежности электроснабжения, к которой относится противопожарное оборудование.

Источником электроснабжения предприятия является РУ-0,4 кВ существующей трансформаторной подстанции, которая находится на территории предприятия и получает электроэнергию от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Напряжение внешней питающей системы электроснабжения составляет 10 кВ.



Рисунок 1 – Вид сверху на производственно-складской корпус

2 Расчет электрических нагрузок

2.1 Расчет освещения

Для того чтобы рассчитать электрические нагрузки групповых, силовых линий и вводов в схеме электроснабжения корпуса деревообрабатывающего предприятия необходимы данные о нагрузке не только электроприемников корпуса, но и параметры общего искусственного освещения.

Параметры светильников для общего освещения и его характеристики отличаются в зависимости от типа и назначения помещения, осуществляемых видов работ, условий в помещении (влажность, взрывоопасность, пожароопасность, запыленность воздуха), а также области деятельности объекта, к которому относится помещение [1].

Нормативные значения для уровня освещенности и параметров рабочих поверхностей приведены в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

Для освещения производственно-складского корпуса предприятия будем принимать к установке светодиодные светильники с напряжением питания 220В. Перечень типов светильников и их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень светильников

№ п/п	Наименование	Заводской номер изделия	Степень защиты	Световой поток, лм	Мощность, Вт
1	2	3	4	5	6
1	Varton IRON 2.0	V1-I0-70157-03G02-6702840	IP67	2831	26,8
2	Varton IRON	V1-I0-70073-03000-6701865	IP67	1457	18,1
3	Varton IRON	V1-I0-70073-03000-6701840	IP67	1545	18,3
4	Varton OFFICE	V1-A0-00070-01000-2002730	IP20	2466.4	27,7
5	Varton RESIDENTIAL	V1-U0-00086-21000-6501550	IP65	1667	15,5
6	Varton OLYMP	V1-I0-70096-04L06-6518050	IP65	19026	161.2

Для освещения производственных и вспомогательных помещений будем использовать светильники промышленного типа Varton IRON и Varton IRON 2.0; для административных помещений – Varton OFFICE; для санитарных

помещений – Varton RESIDENTIAL; для складской зоны – Varton OLYMP. Тип монтажа и высота подвеса светильников для данных помещений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Высота подвеса и тип монтажа светильников

№ п/п	Тип помещений	Высота подвеса светильников h_1 , м	Тип монтажа
1	2	3	4
1	Административные помещения	2,80	встройка в потолок типа ARMSTRONG
2	Санитарные помещения	2,70	крепление на ровную поверхность потолка
3	Складская зона	6	крепление на ровную поверхность потолка
4	Производственные помещения:		
4.1	Слесарный цех, мойка технологического транспорта	5,5	тросовый подвес
4.2	Другие	3	крепление на ровную поверхность потолка
5	Коридоры, тамбуры, лестничные клетки, гардеробы	3	крепление на ровную поверхность потолка

Для расчета количества светильников будем использовать метод использования коэффициентов.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K_3}{U \cdot \Phi}, \quad (1)$$

где N – количество светильников, шт; E – требуемая освещенность, лк; z – соотношение средней освещенности и максимальной освещенности, о.е.; S – площадь, m^2 ; K_3 – коэффициент запаса, о.е.; U – коэффициент использования светового потока, о.е.; Φ – световой поток светильника, лм.

Для определения коэффициента использования U необходимо знать индекс помещения, который находится по формуле:

$$i = \frac{S}{(H - h_1 - h_2) \cdot (A + B)}, \quad (2)$$

где h_1 – высота подвеса светильника, м; h_2 – высота рабочей поверхности, м; A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м; H – высота помещения, м.

Рассчитаем количество светильников для помещения склада. Индекс помещения составит:

$$i = \frac{12730}{(6-0-0) \cdot (96+138)} = 0,42 \text{ о.е.}$$

Согласно индексу помещения и коэффициенту отражения поверхностей помещения склада по справочнику, приведенному в каталоге фирмы-производителя, определим коэффициент использования U: для потолка U=70 %, для стен U=50 %, для пола U=20 %.

Рассчитаем количество светильников.

$$N = \frac{200 \cdot 12730 \cdot 0,65 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 19026} = 165 \text{ шт.}$$

Таким образом, в помещении склада необходимо установить 165 светодиодных светильников.

Общая мощность светильников в складском помещении составит:

$$P_{\Sigma} = 165 \cdot 161,2 = 26598 \text{ Вт.}$$

Для других помещений корпуса расчет будем производить в прикладном программном обеспечении DIALux (ППО DIALux). Результаты расчетов приведем в приложении А. Составим таблицу 3, в которую запишем результаты расчетов.

Таблица 3 – Результаты расчета освещения в ППО DIALux

№ п/п	Номер помещения	Наименование	Количество светильников, шт	Мощность светильника, Вт	Суммарная мощность, Вт	Наименование светильника
1	2	3	4	5	6	7
1	101	Тамбур	1	26,8	26,8	VARTON IRON 2.0
2	102	Лестничная клетка	2	26,8	53,6	VARTON IRON 2.0
3	103	Коридор	14	18,1	253,4	VARTON IRON
			2	18,3	36,6	VARTON IRON
4	104	Санузел	4	15,5	62	VARTON RESIDENTAL
5	105	Санузел	4	15,5	62	VARTON RESIDENTAL
6	106	Гардеробная уличной одежды	1	18,3	18,3	VARTON IRON

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
7	107	Обеденный зал	9	27,7	249,3	VARTON OFFICE
			4	26,8	107,2	VARTON IRON 2.0
8	108	Горячий цех. Холодный цех	9	26,8	241,2	VARTON IRON 2.0
9	109	Моечная	3	18,3	54,9	VARTON IRON
10	110	Моечная	2	18,3	36,6	VARTON IRON
11	111	Мясо-рыбный цех	3	26,8	80,4	VARTON IRON 2.0
12	112	Овощной цех	3	18,3	54,9	VARTON IRON
13	113	Помещение хранения х/б изделий	1	18,1	18,1	VARTON IRON
14	114	КУИ	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
15	115	Кабинет заведующей	3	27,7	83,1	VARTON OFFICE
16	116	Моечная	2	18,1	36,2	VARTON IRON
17	117	Коридор	8	18,1	144,8	VARTON IRON
18	118	Тамбур	2	18,1	36,2	VARTON IRON
19	119	Кладовая	2	18,1	36,2	VARTON IRON
20	120	Помещение холодильников	2	18,1	36,2	VARTON IRON
21	121	Гардеробная	2	27,7	55,4	VARTON OFFICE
22	122	Тамбур	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
23	123	Санузел	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
24	124	Душевая	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
25	125	КУИ	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
26	126	Кабинет инженера	6	27,7	166,2	VARTON OFFICE
27	127	Вестибюль	1	27,7	27,7	VARTON OFFICE
28	128	Кабинет для приема больных	6	27,7	166,2	VARTON OFFICE
29	129	Лестничная клетка	2	18,3	36,6	VARTON IRON
30	130	Тамбур	1	18,3	18,3	VARTON IRON
31	131	Подсобное помещение	6	26,8	160,8	VARTON IRON 2.0
32	132	Слесарный цех	15	26,8	402	VARTON IRON 2.0
33	133	Мойка технологического транспорта	28	26,8	750,4	VARTON IRON 2.0
34	134	Гараж для уличной техники	16	26,8	428,8	VARTON IRON 2.0
35	135	Подсобное помещение	2	18,3	36,6	VARTON IRON
36	136	Навес	85	18,1	1538,5	VARTON IRON
37	137	Склад	165	161, 2	26598	VARTON OLYMP
38	201	Лестничная клетка	1	18,3	18,3	VARTON IRON
39	202	Коридор	13	18,1	235,3	VARTON IRON
			3	18,3	54,9	VARTON IRON
40	203	Кабинет начальника	4	27,7	110,8	VARTON OFFICE
41	204	Кабинет мастера	4	27,7	110,8	VARTON OFFICE
42	205	Кабинет инженера-технолога	4	27,7	110,8	VARTON OFFICE
43	206	Узел ВРУ	3	27,7	83,1	VARTON OFFICE
44	207	Венткамера	2	15,5	31	VARTON RESIDENTAL
45	208	Гардеробная женская общего типа	4	18,1	72,4	VARTON IRON
46	209	Душевая	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
47	210	Санузел	2	15,5	31	VARTON RESIDENTAL
48	211	Санузел	13	18,1	235,3	VARTON IRON

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
49	212	Гардеробная мужская	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
50	213	Душевая	2	15,5	31	VARTON RESIDENTAL
51	214	Кладовая спецодежды	1	18,1	18,1	VARTON IRON
52	215	Санузел	3	15,5	46,5	VARTON RESIDENTAL
53	216	Тамбур	2	26,8	53,6	VARTON IRON 2.0
54	217	Гардеробная спецодежды мужская	1	18,3	18,3	VARTON IRON
55	218	Кладовая спецодежды	3	18,1	54,3	VARTON IRON
56	219	Преддушевая	1	26,8	26,8	VARTON IRON 2.0
57	220	Душевая	1	15,5	15,5	VARTON RESIDENTAL
58	221	Гардеробная уличной и домашней одежды	5	18,1	90,5	VARTON IRON
59	222	Санузел	2	15,5	31	VARTON RESIDENTAL
60	223	Лестничная клетка	2	26,8	53,6	VARTON IRON 2.0
61	224	Кладовая	8	18,1	144,8	VARTON IRON
62	225	Помещение ППУ	8	26,8	214,4	VARTON IRON 2.0
63	226	Коридор	2	18,1	36,2	VARTON IRON

Расчет аварийного освещения произведен в ППО DIALux и приведен в приложении Б. Нормативные параметры аварийного освещения согласно ГОСТ Р 55842-2013 «Освещение аварийное. Классификация и нормы» представлены в таблице 4 [2].

Таблица 4 – Нормативные параметры освещения

№ п/п	Вид, объекты аварийного освещения	Минимальная освещенность E_{min} , лк	Неравномерность освещения E_{max}/E_{min} , не более
1	2	3	4
1	Освещение путей эвакуации	1	40:1
2	Антипаническое освещение	0,5	40:1
3	Вблизи пункта первой помощи, места с противопожарным оборудованием, места размещения плана эвакуации, места включения аварийной сигнализации, перед каждым эвакуационным выходом, снаружи перед каждым конечным выходом из здания	5	40:1

Светильники аварийного освещения представлены светильниками общего освещения со встроенным блоком аварийного питания (БАП), таким образом, что питание аварийных светильников в нормальном режиме работы

сети осуществляется от распределительных групповых сетей корпуса, в аварийном режиме от БАП.

Типы БАП для аварийных светильников приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Применяемые типы БАП

№ п/п	Мощность светильника, Вт	Производитель	Марка	Длительность работы в аварийном режиме, ч
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	до 40	IEK	БАП40-3,0	3
2	до 200 Вт	IEK	БАП200-3,0	3

2.2 Расчет нагрузок силовых линий и вводов

Согласно СП 56.13330.2011 п. 4.13 «Административные и бытовые здания для работающих в производственных зданиях или на складах, а также административные и бытовые помещения, размещаемые во встройках, вставках, пристройках и встроенных помещениях, следует проектировать в соответствии с требованиями СП 44.13330 и нормативными документами по пожарной безопасности» [3].

Согласно СП 44.13330.2011 п. 3.14.в «Электроснабжение, силовое оборудование и электрическое освещение зданий следует проектировать в соответствии с требованиями СП 52.13330, СП 31-110-2003, ПУЭ-7 и нормативных документов по пожарной безопасности» [4].

Расчет электрических нагрузок склада с административно-бытовой встройкой будем производить согласно СП 31-110-2003 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» в соответствии с архитектурно-строительными чертежами.

Для определения установленной мощности электроприемников применяется формула:

$$P_{y.c} = P_n \cdot n, \quad (3)$$

где P_n – номинальная мощность электроприемника, кВт; n – число электроприемников, шт.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, кВт, следует определять по формуле:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (4)$$

где $K_{c.p}$ – расчетный коэффициент спроса, о.е.; $P_{y.p}$ – установленная мощность розетки, кВт; n – число розеток, шт.

При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, кВт, следует определять по формуле:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (5)$$

где $P'_{p.o}$ – расчетная нагрузка линий общего освещения, кВт.

Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, кВт, следует определять по формуле:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (6)$$

где K_c – расчетный коэффициент спроса, о.е.; $P_{y.c}$ – установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных), кВт.

Расчетную нагрузку питающих линий технологического оборудования и посудомоечных машин предприятий общественного питания и пищеблоков

$$P_{p.c} = P_{p.n.m} + 0,65 \cdot P_{p.m} > P_{p.m}, \quad (7)$$

где $P_{p.n.m}$ – расчетная нагрузка посудомоечных машин, кВт, определяемая с учетом коэффициента спроса, о.е.; $P_{p.t}$ – расчетная нагрузка технологического оборудования, кВт, определяемая с учетом коэффициента спроса» [5].

Расчетная реактивная нагрузка силовых линий и вводов $Q_{p.c}$, квар, определяется по формуле:

$$Q_{p.c} = P_{p.c} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (8)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент мощности.

Полная расчетная мощность $S_{p.c}$, кВА, следует определять по формуле:

$$S_{p.c} = \sqrt{P_{p.c}^2 + Q_{p.c}^2} \quad (9)$$

Формула для определения неравномерности распределения нагрузки по фазам H , %, имеет вид:

$$H = \frac{P_{ф.наиб} - P_{ф.наим}}{P_{ф.наим}} \cdot 100\% , \quad (10)$$

где $P_{ф.наиб}$ – мощность наиболее нагруженной фазы, кВт; $P_{ф.наим}$ – мощность наименее нагруженной фазы, кВт.

Расчетный ток $I_{p.c}$, А, следует определять по формуле:

$$I_{p.c} = \frac{S_{p.c}}{\sqrt{3} \cdot U_H} , \quad (11)$$

где U_H – номинальное напряжение питающей сети, кВ.

Распределить нагрузку по фазам трехфазных линий следует таким образом, чтобы неравномерность не превышала 15%.

Рассчитаем электрическую нагрузку силового щита ЩС-1, который осуществляет питание технологического оборудование пищевого блока.

Проверим неравномерность распределения по фазам питающей сети для ЩС-1. Составим таблицу 6, в которой произведем распределение однофазных электроприемников по фазам питающей сети.

Таблица 6 – Распределение однофазных приемников

№ п/п	Наименование	Мощность установленная	Нагрузка фазы, кВт		
			А	В	С
1	2	3	4	5	6
1	Электрокипятильник	3,20	3,20	-	-
2	Кофемашина	2,50	-	2,50	-
3	Мармит для 1-х и 2-х блюд	2,80	-	-	2,80
4	Прилавок нейтральный	0,41	-	0,41	-
Всего по фазам			3,20	2,91	2,80

Оценим неравномерность распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{3,20 - 2,80}{2,80} \cdot 100 = 14,28\% .$$

Таким образом, неравномерность допустимая.

Коэффициент спроса K_c и коэффициент мощности $\cos\varphi$ определим по справочной таблице СП 31-110-2003. Для щита ЩС-1 коэффициент спроса необходимо рассчитывать методом линейной интерполяции, так как для числа присоединенных электроприемников ($n=12$), значение K_c не указано.

Формула для линейной интерполяции имеет вид:

$$y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1, \quad (12)$$

где y_2 - искомое значение функции; x_2 – аргумент функции, значение которой нужно определить; x_1, x_3 – известные аргументы интерполируемой функции; y_1, y_3 – известные значения функции при заданных аргументах.

Определим коэффициент спроса для технологического оборудования ЩС-1:

$$K_c = \frac{(12 - 10)(0,5 - 0,6)}{(15 - 10)} + 0,6 = 0,56 \text{ о.е.}$$

Из таблицы рекомендованных значений коэффициентов мощности для силовых сетей для полностью электрифицированных предприятий питания $\cos\varphi=0,98$.

Рассчитаем установленную мощность для фритюрницы.

$$P_{y.c} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ кВт.}$$

Аналогично рассчитаем другие электроприемники ЩС-1 и занесем в таблицу 7. Зная общую установленную мощность ЩС-1 определим расчетную активную мощность щита.

$$P_{p.m.} = 0,56 \cdot 101,21 = 57,67 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.c} = 0 + 0,65 \cdot 57,67 < 57,67.$$

$$P_{p.c.} = P_{p.m.} = 57,67 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем расчетную реактивную мощность щита силового ЩС-1 по формуле 8.

$$Q_{p.c.} = 57,67 \cdot 0,18 = 10,20 \text{ квар.}$$

Определим полную мощность щита силового ЩС-1 по формуле 9.

$$S_{p.c.} = \sqrt{57,67^2 + 10,20^2} = 57,58 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток для щита силового ЩС-1 составит:

$$I_{p.c.} = \frac{57,58}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 87,49 \text{ А.}$$

Рассчитаем электрическую нагрузку распределительного щита ЩР-1. Установленную мощность оборудования щита ЩР-1 рассчитаем аналогично расчетам силового щита ЩС-1 и запишем в таблицу 7.

Неравномерность распределения однофазных приемников составляет менее 15 %. ЩР-1 питает общее освещение и розеточные сети. Для питающих розеточных сетей $K_c=0,4$, для общего освещения $K_c=1$. Рекомендованное значение коэффициента мощности составляет $\cos\varphi=0,85$.

По формуле 6 определим расчетные нагрузки для линий освещения и розеточной сети.

$$P'_{p.o} = 0,96 \cdot (0,58 + 0,77 + 0,93) = 2,18 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.p} = 0,4 \cdot 23,97 = 9,59 \text{ кВт.}$$

Воспользуемся формулой 5 для определения расчетной нагрузки.

$$P_{p.o} = 2,18 + 9,59 = 11,77 \text{ кВт.}$$

Аналогично рассчитаем электрическую нагрузку ЩР-2.

Для расчета электрической нагрузки щита ЩВ-3 воспользуемся формулой 6. Для ЩВ-3 коэффициент спроса $K_c=0,65$, коэффициент мощности $\cos\varphi=0,65$.

$$P_{p.c} = 0,65 \cdot 29,87 = 19,43 \text{ кВт.}$$

Аналогично определим расчетную нагрузку ЩР-3, ЩВ-1, ЩВ-2, ЩО-1 .

Для каждого распределительного щита рассчитаем в таблице 7 расчетную реактивную мощность, полную расчетную мощность и ток.

Таблица 7 – Расчет электрических нагрузок

№ п/п	Наименование электроприемника	n, шт	Установленная мощность, кВт		Коэффициенты			Расчетная мощность			I _{р.с} , А
			одного (min/max)	итого	K _с	cos φ	tgφ	P _{р.с} , кВт	Q _{р.с} , квар	S _{р.с} , кВА	
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1	Фритюрница	1	15,00	15,00							
1.2	Пароконвектомат	1	9,00	9,00							
1.3	Котел пищеварочный стационарный	1	9,10	9,1,							
1.4	Аппарат контактной обработки	1	9,00	9,00							
1.5	Плита электрическая	2	16,00	32,00							
1.6	Электрокипятильник	1	3,20	3,20							
1.7	Кофемашина	1	2,50	2,50							
1.8	Мармит 1 и 2	1	2,80	2,80							
1.9	Мармит 2 и 3	1	3,20	3,20							
1.10	Прилавок нейтральный	1	0,41	0,41							
1.11	Водонагреватель	1	15,00	15,00							
1	Итого по ЩС-1	12	0,41/15,00	101,21	0,56	0,98	0,18	57,67	10,20	57,58	87,49
2.1	Рабочее освещение	1	0,44	0,44							
2.2	Рабочее освещение	1	0,95	0,95							
2.3	Рабочее освещение	1	0,75	0,75							
2.4	Розетки в помещениях 115,126	1	1,10	1,10							
2.5	Розетки в помещении 128	1	2,44	2,44							
2.6	Розетки в помещении 120	1	1,04	1,04							
2.7	Розетки в помещениях 108,109,111,112	1	1,81	1,81							
2.8	Розетки в помещениях 113,119,120	1	0,60	0,60							

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.9	Розетки в помещениях 109,111,112	1	0,90	0,90							
2.10	Розетки в помещениях 111,112	1	4,10	4,10							
2.11	Розетки в помещении 108	1	1,58	1,58							
2.12	Розетки в помещениях 103,107	1	0,40	0,40							
2.13	Рукоосушитель	4	2,50	10,00							
2	Итого по ЩР-1	16	0,60/2,50	26,25	1,00	0,85	0,62	11,77	7,29	13,84	21,03
3.1	Рабочее освещение	1	0,35	0,35							
3.2	Рабочее освещение	1	1,02	1,02							
3.3	Рабочее освещение	1	0,32	0,32							
3.4	Рабочее освещение	1	0,32	0,32							
3.5	Рабочее освещение	1	0,49	0,49							
3.6	Розетки в помещении 202	1	0,20	0,20							
3.7	Розетки в помещении 202	1	1,20	1,20							
3.8	Розетки в помещении 202	1	2,20	2,20							
3	Итого по ЩР-2	8	0,20/2,20	6,57	1,00	0,85	0,62	3,82	2,37	4,49	6,82
4.1	ШУП 4	1	10,63	10,63							
4.2	ШУПЗ	1	5,07	5,07							
4.3	Вентилятор В6	1	2,20	2,2							
4.4	Вентилятор В7	1	2,20	2,20							
4.5	Вентилятор В8	1	2,20	2,20							
4.6	Тепловая завеса	1	3,05	3,05							
4.7	Тепловая завеса	1	4,00	4,00							
4.8	Вентилятор	4	0,015	0,06							
4.9	Тепловентилятор	4	0,12	0,48							
4	Итого по ЩВ-3	15	0, 12/10,63	29,89	0,65	0,65	1,17	19,43	22,73	29,91	45,44

Продолжение таблицы 7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
5.1	Розетки в помещении 134	2	1,00	3,00							
5.2	Розетки в помещении 134	2	15,00	30,00							
5.3	Флотационно-фильтрационная установка	1	2,30	2,30							
5.4	Аппарат высокого давления	1	2,80	2,80							
5.5	Розетки в помещении 136	1	2,00	2,00							
5	Итого по ЩР-3	7	1,00/2,80	40,1	0,65	0,85	0,62	26,47	16,41	31,14	47,31
	ИТОГО ПО РП-2	-	-	204,02	0,58	0,90	0,49	119,1	59	132,97	202,26
6.1	ШУП1	1	1,25	1,25							
6.2	ШУП2	1	0,47	0,47							
6.3	Вентилятор В5	1	0,39	0,39							
6.4	Вентилятор В2	1	0,93	0,93							
6.5	Вентилятор В1	1	0,90	0,90							
6.6	Вентилятор В3	1	0,55	0,55							
6.7	Вентилятор В4	1	0,10	0,10							
6.8	Вентилятор В13.1	1	4,00	4,00							
6.8	Вентилятор В13.2	1	4,00	4,00							
6.9	Вентилятор В13.3	1	4,00	4,00							
6.10	Вентилятор В13.4	1	4,00	4,00							
6.11	Вентилятор В13.5	1	4,00	4,00							
6.12	Вентилятор В13.6	1	4,00	4,00							
6	Итого по ЩВ-1	13	0,10/4,00	28,59	0,67	0,75	0,88	19,16	16,89	25,54	38,80
7.1	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.2	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.3	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7.4	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.5	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.6	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.7	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.8	Тепловентилятор	12	0,61	7,32							
7.9	Тепловая завеса	1	14,70	14,70							
7.10	Тепловая завеса	1	14,70	14,70							
7.11	Тепловая завеса	1	14,70	14,70							
7.12	Подогрев воронок	1	3,00	3,00							
7	Итого по ЩВ-2	100	0,61/14,70	105,66	0,55	0,85	0,62	58,11	36,02	68,36	103,87
8.1	Освещение в помещении 136	165	0,16	26,60							
8.2	Освещение в помещении 137	85	0,027	1,54							
8.3	Освещение в помещении 131-134	65	0,027	1,78							
8.4	Освещение в помещении 135	2	18,30	0,88							
8.5	Освещение наружное	10	0,04	0,40							
8.6	Освещение наружное	3	0,016	0,048							
8.7	Освещение наружное	1	0,10	0,10							
8	Итого по ЩО-1	331	0,016/0,16	29,92	1,00	0,98	0,20	29,92	5,98	30,51	46,70
9.1	ЯУО	1	30,00	30,00	1,00	0,98	0,20	30,00	6,00	30,59	46,54
9	Итого по ЯУО	1	30,00	30,00	1,00	0,98	0,20	30,00	6,00	30,59	46,54
	ИТОГО ПО РП-1	-	-	194,17	0,71	0,90	0,47	137,19	64,89	151,76	230,85
10.1	ППУ-1	1	133,50	133,50	1,00	0,90	0,48	3,95	1,90	4,38	6,66
10	Итого на ППУ	1	133,5	133,5	1,00	0,90	0,48	3,95	1,90	4,38	6,66
	ИТОГО ПО ВРУ-1	-	398,19	398,19	0,64	0,90	0,48	256,35	123,89	284,72	433,09
	ВСЕГО	-	-	-	-	0,90	0,48	260,30	125,79	289,10	439,76

3 Выбор силовых трансформаторов

Три корпуса деревообрабатывающего предприятия получают электроснабжение от комплектной трансформаторной подстанции (КТП) на территории предприятия. Расчетная нагрузка данных корпусов приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетные нагрузки корпусов предприятия

№ п/п	Наименование корпуса	Расчетная активная мощность, P_p , кВт	Расчетная полная мощность S_p , кВА
1	2	3	4
1	Производственно-складской корпус	260,30	289,10
2	Производственный корпус 1	356,22	387,60
3	Производственный корпус 2	110,20	133,53
Итого		726,72	810,23

Потребители КТП относятся к I и II категории надежности электроснабжения, поэтому к установке в КТП примем два трансформатора с двумя секциями сборных шин. Расчетная нагрузка на шинах КТП представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Расчетная нагрузка на шинах КТП

№ п/п	Наименование нагрузки	I секция шин			II секция шин		
		Расчетные мощности					
		P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Производственно-складской корпус	260,30	125,79	289,10	-	-	-
2	Производственный корпус 1	-	-	-	356,22	152,77	387,60
3	Производственный корпус 2	110,20	75,41	133,53	-	-	-
Итого по секции шин:		370,50	201,20	422,63	356,22	152,77	387,60

Мощность одного трансформатора с учетом допустимой перегрузки определим по формуле:

$$S_H = \frac{S_p}{K_3 \cdot N_m}, \quad (13)$$

где S_p – расчетная нагрузка трансформаторной подстанции, кВА; K_3 – коэффициент загрузки, о.е.; N_T – число трансформаторов, шт.

Определим мощность трансформатора при коэффициенте допустимой перегрузки $K_3 = 0,7$.

$$S_H = \frac{810,23}{0,7 \cdot 2} = 578 \text{ кВА.}$$

К установке примем трансформаторы типа ТМГ – это трехфазный масляный герметичный трансформатор. Основные достоинства данного типа трансформатора:

- простота конструкции;
- более низкая стоимость по сравнению с другими трансформаторами;
- отсутствие необходимости замены трансформаторного масла, а как следствие периодической проверки его свойств;
- низкий уровень потерь по сравнению с другими типами трансформаторов.

Для того, чтобы выбрать оптимальную мощность трансформатора проведем технико-экономическое сравнение двух трансформаторов: ТМГ 630/10-УХЛЗ и ТМГ 1000/10-УХЛЗ.

Характеристики трансформатора ТМГ 630/10-УХЛЗ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики трансформатора ТМГ 630/10-УХЛЗ

Тип	Номинальная мощность, S_H , кВА	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Напряжение $u_{кз}$ между обмотками, %	Ток холостого хода, i_{xx} , %	Потери, кВт	
		ВН	НН				хх	кз
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
ТМГ 630/10-УХЛЗ	630	10	0,4	Д/УН-11	5,5	1,80	1,05	7,9

Формула для предварительной проверки по перегрузочной способности трансформатора имеет вид:

$$S_n \cdot K_{пер} \geq P_p, \quad (14)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент допустимой перегрузки, о.е.; P_p – расчетная активная мощность КТП, кВт.

$$630 \cdot 1,4 = 882 \text{ кВт} \geq 810,23 \text{ кВт}.$$

Трансформатор ТМГ 630/10-УХЛЗ может применяться для установки в КТП с точки зрения допустимой нагрузки.

При условии полной компенсации реактивной мощности передаваемой в линиях действительный коэффициент загрузки $K_{з.д}$, о.е., определяется по формуле:

$$K_{з.д} = \frac{P_p}{N_m \cdot S_n}. \quad (15)$$

Действительный коэффициент загрузки $K_{з.д}$ для выбранного трансформатора составляет:

$$K_{з.д} = \frac{810,23}{2 \cdot 630} = 0,64 \text{ о.е.}$$

Согласно СП 31-110-2003 компенсация реактивной мощности не требуется, если значение компенсированной реактивной мощности составляет менее 50 квар.

Определим необходимость установки компенсирующих устройств на I секции КТП.

Активные потери в трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta P_m = P_{x.x} + K_{\frac{2}{3}}^2 \cdot P_{к.з}. \quad (16)$$

$$\Delta P_m = 1,05 + 0,7^2 \cdot 7,9 = 4,92 \text{ кВт}.$$

Реактивные потери в трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta Q_T = (i_{x.x} + K_{\frac{2}{3}}^2 \cdot u_{к.з}) \cdot \frac{S_{ном.Т}}{100}. \quad (17)$$

$$\Delta Q_T = (1,8 + 0,7^2 \cdot 5,5) \cdot \frac{630}{100} = 28,32 \text{ квар}.$$

Расчетная реактивная мощность ΣQ_p , квар, которую необходимо передать по линии электропередач с учетом потерь определяется по формуле:

$$\Sigma Q_p = Q_{pc} + \Delta Q_T, \quad (18)$$

где Q_{pc} – расчетная реактивная мощность соответствующей секции шин, квар.

$$\Sigma Q_p = 201,2 + 28,32 = 229,52 \text{ квар.}$$

Расчетная активная мощность ΣP_p , кВт, которую необходимо передать по линии электропередач с учетом потерь определяется по формуле:

$$\Sigma P_p = P_{pc} + \Delta P_m, \quad (19)$$

где P_{pc} – расчетная активная мощность соответствующей секции шин, квар.

$$\Sigma P_p = 370,50 + 4,92 = 375,42 \text{ кВт.}$$

Реактивная мощность, которую можно передать через трансформатор определяется по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(K \cdot S_{ном.Т})^2 - \Sigma P_p^2}. \quad (20)$$

$$Q_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 630)^2 - 375,42^2} = 231,38 \text{ квар.}$$

Рассчитаем мощность конденсаторных установок (КУ) по двум принципам: исходя из пропускной способности трансформатора; исходя из экономически эффективного коэффициента мощности. В качестве значения мощности КУ примем наибольшее значение.

Исходя из пропускной способности трансформатора, требуемая мощность конденсаторных батарей $Q_{ку1}$, квар, рассчитывается следующим образом:

$$Q_{ку1} = \Sigma Q_p - Q_1. \quad (21)$$

$$Q_{ку1} = 229,52 - 231,23 = -1,86 \text{ квар.}$$

Выбор мощности конденсаторной установки $Q_{ку2}$, квар, по принципу экономической целесообразности и установленного сетевой компанией коэффициента мощности осуществляется:

$$Q_{ку2} = \sum Q_p - Q_{\text{э}}, \quad (22)$$

где $Q_{\text{э}}$ – экономически эффективная реактивная мощность, которую может обеспечить сетевая компания, квар.

$$Q_{\text{э}} = \text{tg}\varphi_{\text{э}} P_{\text{рс}}, \quad (23)$$

где $\text{tg}\varphi_{\text{э}}$ – экономически эффективный коэффициент мощности на шинах КТП.

Для первой секции шин мощности конденсаторной установки по принципу экономической эффективности при коэффициенте мощности $\text{tg}\varphi_{\text{э}} = 0,4$ составит:

$$Q_{\text{э}} = 0,5 \cdot 375,42 = 185,25 \text{ квар.}$$

$$Q_{ку2} = 229,52 - 185,25 = 44,26 \text{ квар.}$$

Расчетная мощность конденсаторной установки для I секции шин составляет $Q_{куI} = 44,26 < 50$ квар, таким образом, компенсация реактивной мощности не требуется.

Аналогично определим необходимость компенсации реактивной мощности на шинах II секции. Расчетные данные запишем в таблицу 11.

Таблица 11 – Расчет мощности конденсаторной установки секции II

№ п/п	Наименование объекта	$\sum P_p$, кВт	$\sum Q_p$, квар	Q_1 , квар	$Q_{ку1}$, квар	$Q_{\text{э}}$, квар	$Q_{ку2}$, квар
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Секция II	361,14	171,09	253,1	-72,01	178,11	2,97

Согласно полученным расчетным данным по II секции шин мощность конденсаторной установки составляет $Q_{куII} = 2,97 < 50$. Компенсация реактивной мощности не требуется.

Параметры трансформатора ТМГ 1000/10-УХЛЗ приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики трансформатора ТМГ 1000/10-УХЛЗ

Тип	Номинальная мощность, $S_{ном.Т}$, кВА	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Напряжение $u_{к.з}$ между обмотками, %	Ток холостого хода, $i_{хх}$, %	Потери, кВт	
		ВН	НН				хх	кз
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
ТМГ 1000/10- УХЛЗ	1000	10	0,4	Д/УН-11	6	1,10	1,4	11,5

Рассчитаем по аналогии мощность компенсирующих устройств для КТП с установленными трансформаторами марки ТМГ 1000/10-У1 и запишем в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет параметров КТП с ТМГ 1000/10-УХЛЗ

№ п/п	Наименование объекта	ΣP_p , кВт	ΣQ_p , квар	Q_1 , квар	$Q_{ку1}$, квар	$Q_э$, квар	$Q_{ку2}$, квар
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1	Секция I	377,34	242,60	589,59	-346,99	185,25	57,35
2	Секция II	363,06	194,18	598,49	-404,30	178,11	16,06

Для первой секции шин требуется компенсация реактивной мощности, так как $Q_{куI} = 57,35 > 50$ квар. Для групповой компенсации на шинах секции I КТП к установке примем конденсаторную батарею УКРМ-0,4-60 (мощность конденсаторной установки 60 квар, номинальное напряжение 0,4 кВ).

Для второй секции шин разгрузка реактивной мощности питающих сетей не требуется, так как $Q_{куII} = 16,06 < 50$ квар.

Для КТП с трансформаторами типа ТМГ 1000/10-УХЛЗ действительный коэффициент загрузки составил $K_{з.д} = 0,41$.

Произведем технико-экономический расчет и определим приведенные затраты на установку и эксплуатацию КТП с трансформаторами марки ТМГ 630/10-УХЛЗ и КТП с трансформаторами марки ТМГ 1000/10-УХЛЗ. Данные для расчета приведенных затрат приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Данные для расчета приведенных затрат КТП с ТМГ 630/10-УХЛЗ

№ п/п	Показатель	ТМГ 630/0,4-УХЛЗ	ТМГ 1000/0,4-УХЛЗ
1	2	3	4
1	Коэффициент дисконтирования, $E_{к,о.е}$	0,15	0,15
2	Стоимость сооружения КТП, $K_{кТП}$, руб	385 000	485 000,00
3	Стоимость трансформатора, $K_{т}$, руб	315 000	439 000,00
4	Стоимость конденсаторной установки, $K_{ку}$, руб	-	70 480,00
5	Норма амортизации, p_a , %	20,00	20,00
6	Стоимость электроэнергии, C , руб/кВт·ч	5,10	5,10
7	Годовая длительность максимальных нагрузок, T_m , ч	4500	4500
8	Годовая длительность работы трансформатора, t , ч	8760	8760
9	Норма отчислений на ремонт, $p_{рем}$, %	2,90	2,90
10	Норма отчислений на эксплуатацию и обслуживание, $p_э$, %	3,00	3,00

Рассчитаем приведенные затраты для КТП с двумя трансформаторами ТМГ 630/10-УХЛЗ.

Расчет приведенных затрат Z , руб, следует производить по формуле:

$$Z = E_{к} \cdot K + I. \quad (24)$$

Итоговая сумма капитальных вложений на установку и содержание подстанции, K , руб, составляет:

$$K = K_{кмп} + K_{т} + K_{ку}. \quad (25)$$

Издержки на введение в эксплуатацию, содержание и обслуживание КТП рассчитываются по формуле:

$$I = I_0 + I_э, \quad (26)$$

где I_0 – расходы на эксплуатацию, амортизационные отчисления, руб; $I_э$ – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

$$I_o = \frac{(P_a + P_{\text{э}})}{100} \cdot K. \quad (27)$$

$$I_{\text{э}} = C \cdot \Delta W, \quad (28)$$

где ΔW – годовые потери электроэнергии, кВт·ч.

Годовые потери электроэнергии определяются по формуле:

$$\Delta W = n \cdot \Delta P_{x.x} \cdot t + \frac{\Delta P_{x.x} \cdot K^{\frac{2}{3}}}{n} \cdot \tau, \quad (29)$$

где τ – время максимальных потерь, ч.

Приближенно время максимальных потерь можно рассчитать по формуле:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot t. \quad (30)$$

Рассчитаем приведенные затраты для КТП с двумя трансформаторами ТМГ 630/10-УХЛЗ.

Время максимальных потерь составит:

$$\tau = (0,124 + \frac{2500}{10000})^2 \cdot 8760 = 1225,32 \text{ ч.}$$

Годовые потери электроэнергии в трансформаторах составит:

$$\Delta W = 2 \cdot (1,05 \cdot 8760 + 7,9 \cdot 0,7^2 \cdot 1225,32) = 27882,38 \text{ кВт.}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии:

$$I_{\text{э}} = 2,70 \cdot 27882,38 = 75282,42 \text{ руб/кВт·ч.}$$

Итоговая сумма капитальных вложений на установку и содержание подстанции, К, руб, составляет:

$$K = 385000 + 315000 = 700000 \text{ руб.}$$

Ежегодные расходы на эксплуатацию, амортизационные отчисления составляют:

$$I_o = \frac{(20 + 2,9 + 3)}{100} \cdot 700000 = 181300 \text{ руб.}$$

Издержки на введение в эксплуатацию, содержание и обслуживание КТП составят:

$$I = 181300 + 7582,42 = 256582,42 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты для КТП с двумя трансформаторами ТМГ 630/10 УХЛЗ составляют:

$$З = 0,15 \cdot 700000 + 256582,42 = 361582,42 \text{ руб.}$$

Аналогично рассчитаем приведенные затраты на сооружение, установку и обслуживание КТП, расчетные данные запишем в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет приведенных затрат для КТП

№ п/п	Показатель	КТП с ТМГ 630/0,4 УХЛЗ	КТП с ТМГ 1000/0,4 УХЛЗ
1	2	3	4
1	Капитальные вложения, К, руб	700000,00	994480,00
2	Ежегодные отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание, И ₀ , руб.	181300,00	257570,30
3	Потери электроэнергии, ΔW, кВт/год	27882,38	40124,72
4	Стоимость годовых потерь электроэнергии, И _э , руб	75282,42	108336,70
5	Приведенные затраты, З, руб	361582,42	515079,10

Исходя из технико-экономического расчета приведенных затрат к установке принимаем двухтрансформаторную комплектную подстанцию с автоматическим вводом резерва 2КТПАС с трансформаторами ТМГ 630/10 УХЛЗ, так как данный вариант является оптимальным.

4 Выбор схемы электроснабжения

Схема электроснабжения производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия должна обладать высокой надежностью, а так же простотой выполнения, обслуживания и монтажа.

Установленные электроприемники характеризуются разной мощностью и распределены неравномерно по корпусу деревообрабатывающего предприятия. Так как в составе электроприемников нет групп устройств и аппаратов, которые связаны единым производственным циклом, то применение магистральных шинопроводов в схеме электроснабжения не требуется [6].

Учитывая характеристики электроприемников, расположение технологического оборудования по площади корпуса, условия окружающей среды в помещениях, размещения КТП для питания электроприемников была выбрана радиальная двухступенчатая схема электроснабжения.

Данная схема выполняется с установкой промежуточных распределительных пунктов для питания электроприемников и выполняется кабелями или проводами, прокладываемыми открытым или скрытым способом.

Основным достоинством данной схемы является высокая надежность защиты питающих линий и простота автоматизации. При возникновении аварии происходит локальное защитное отключение электроприемников поврежденного участка, в то время как питание других линий остается непрерывным. Для питания потребителей I и II категорий данная схема электроснабжения является оптимальной [7, с.45].

Недостатком радиальной схемы электроснабжения является сравнительно большая протяженность установленных кабелей и проводов, что увеличивает стоимость системы электроснабжения и затраты на ее монтаж [8].

5 Расчет номинальных токов и выбор проводников

Выбор проводников – это важный этап в проектировании системы электроснабжения предприятия, так как от выбора типа проводника и его сечения будет зависеть надежность электроснабжения в целом.

Радиальная схема электроснабжения характеризуется большой протяженностью кабельных линий, поэтому при выборе кабеля необходимо избегать большого запаса сечения, так как это может существенно увеличить стоимость системы электроснабжения предприятия. Выбор кабеля производится по номинальному напряжению и допустимому току.

Для сети электропитания был выбран медный кабель в ПВХ изоляции и ПВХ оболочке, не распространяющей горение с пониженным дымовыделением и газовыделением марки ВВГнг-LS. Питание трехфазной сети осуществляется по 5-ти проводной схеме (L1, L2, L3, N, PE), питание однофазной сети осуществляется по 3-х проводной схеме (L, N, PE). Распределительная сеть по складу и цеху выполняется в стальной трубе, для защиты от механического воздействия, во встройке АБК открыто в лотках. Групповые сети выполняются на складе в лотках, в АБК в лотках и гофрированной ПВХ трубе, на лестничных клетках скрыто в коробе или штрабе.

В соответствии с СП-31-110-2003 длина проводов ответвлений к электроприемникам принимается равной: для закрытых коробок под розетки и выключатели – 50 мм без учета глубины коробки; для электроустановочных изделий открытого монтажа – 150 мм.

Для расчета тока трехфазной сети необходимо применять формулу:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (31)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемника, кВт; U_H – номинальное напряжение сети, кВ; $\cos \varphi$ - коэффициент мощности электроприемника.

Для расчета тока однофазного электроприемника I_p , А, необходимо применять формулу:

$$I_p = \frac{P_H}{U_H \cdot \cos \varphi} \quad (32)$$

Согласно ПУЭ выбор сечения кабеля на напряжение до 1 кВ для электроснабжения предприятий с использованием максимальной загрузкой 2500 часов производится с учетом длительно допустимого тока:

$$\frac{I_p}{k_{np}} \leq I_{доп}, \quad (33)$$

где $I_{доп}$ – допустимый длительный ток, А; k_{np} – поправочный коэффициент по условию прокладки, о.е.

Длительно допустимые токи для соответствующего сечения кабеля приведены в ПУЭ (п. 1.3.1), а также таблицах каталога производителя. Поправочные коэффициент по условию прокладки приведен в ПУЭ (п. 1.3.12) [9].

Рассчитаем величину расчетного тока для плиты электрической: трехфазный электроприемник; номинальная мощность $P_H = 16$ кВт; коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,98$.

$$I_p = \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,98} = 24,81 \text{ А.}$$

Питающий провод прокладывается к электрической печи совместно с другими групповыми кабелями, общее число многожильных кабелей в лотке составляет 15 единиц. Поправочный коэффициент по ПУЭ при данных условиях составляет $k_{np} = 0,6$. Таким образом, допустимый ток для кабеля должен быть не менее:

$$\frac{I_p}{k_{np}} = \frac{24,81}{0,6} = 41,35 \text{ А.}$$

Принимаем к установке кабель ВВГнг-LS 5x6 с длительно допустимым током 46 А, условие по допустимому току выполняется $41,35 \text{ А} \leq 46 \text{ А}$.

Аналогично проведем расчеты для других электроприемников и групп электроприемников, результаты запишем в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет номинальных токов и выбор сечения кабелей

№ п/п	Маркировка группы	Наименование нагрузки	Расчетный ток, А	Марка кабеля
1	2	3	4	5
1	гр.ЩС1.1	Фритюрница	22,79	ВВГнг-LS 5х4
2	гр.ЩС1.2	Пароконвектомат	13,67	ВВГнг-LS 5х4
3	гр.ЩС1.3	Котел пищеварочный стационарный	19,75	ВВГнг-LS 5х4
4	гр.ЩС1.4	Аппарат контактной обработки	19,53	ВВГнг-LS 5х4
5	гр.ЩС1.5	Плита электрическая	24,81	ВВГнг-LS 5х6
6	гр.ЩС1.6	Плита электрическая	24,81	ВВГнг-LS 5х6
7	гр.ЩС1.7	Электрокипятильник	14,55	ВВГнг-LS 3х2,5
8	гр.ЩС1.8	Кофемашина	11,36	ВВГнг-LS 3х2,5
9	гр.ЩС1.9	Мармит 1 и 2	12,73	ВВГнг-LS 3х2,5
10	гр.ЩС1.10	Мармит 2 и 3	4,95	ВВГнг-LS 5х2,5
11	гр.ЩС1.11	Прилавок нейтральный	2,66	ВВГнг-LS 3х2,5
12	гр.ЩС1.12	Водонагреватель	22,79	ВВГнг-LS 5х6
13	гр.ЩР1.1	Освещение 101,102,104-107	2,64	ВВГнг-LS 3х1,5
14	гр.ЩР1.2	Освещение	4,23	ВВГнг-LS 3х1,5
15	гр.ЩР1.3	Освещение 103,122-130	3,50	ВВГнг-LS 3х1,5
16	гр.ЩР1.4	Розетки пом.115,126	5,88	ВВГнг-LS 3х2,5
17	гр.ЩР1.5	Розетки пом.128	13,04	ВВГнг-LS 3х2,5
18	гр.ЩР1.6	Розетки пом.120	5,91	ВВГнг-LS 3х2,5
19	гр.ЩР1.7	Розетки пом.108,109,111,112	9,68	ВВГнг-LS 3х2,5
20	гр.ЩР1.8	Розетки пом.113,119,120	3,41	ВВГнг-LS 3х2,5
21	гр.ЩР1.9	Розетки пом.109,111,112	4,81	ВВГнг-LS 3х2,5
22	гр.ЩР1.10	Розетки пом.111,112	7,78	ВВГнг-LS 5х2,5
23	гр.ЩР1.11	Розетки пом.108	8,44	ВВГнг-LS 3х2,5
24	гр.ЩР1.12	Розетки пом.103,107	2,13	ВВГнг-LS 3х2,5
25	гр.ЩР1.13	Рукосушитель	14,21	ВВГнг-LS 3х2,5
26	гр.ЩР1.14	Рукосушитель	14,21	ВВГнг-LS 3х2,5
27	гр.ЩР1.15	Рукосушитель	14,21	ВВГнг-LS 3х2,5
28	гр.ЩР1.16	Рукосушитель	14,21	ВВГнг-LS 3х2,5
29	гр.ЩР2.1	Рабочее освещение	3,00	ВВГнг-LS 3х1,5
30	гр.ЩР2.2	Рабочее освещение	1,73	ВВГнг-LS 3х1,5
31	гр.ЩР2.3	Рабочее освещение	2,86	ВВГнг-LS 3х1,5
32	гр.ЩР2.4	Рабочее освещение	1,45	ВВГнг-LS 3х1,5
33	гр.ЩР2.5	Рабочее освещение	2,23	ВВГнг-LS 3х1,5
34	гр.ЩР2.6	Розетки пом.202	1,01	ВВГнг-LS 3х2,5
35	гр.ЩР2.7	Розетки пом.202	6,06	ВВГнг-LS 3х2,5
36	гр.ЩР2.8	Розетки пом.202	11,11	ВВГнг-LS 3х2,5
37	гр.ЩР3.1	Розетки в помещении 134	6,82	ВВГнг-LS 3х2,5
38	гр.ЩР3.2	Розетки в помещении 134	6,82	ВВГнг-LS 3х2,5
39	гр.ЩР3.3	Розетки в помещении 134	26,74	ВВГнг-LS 5х6
40	гр.ЩР3.4	Розетки в помещении 134	26,74	ВВГнг-LS 5х6
41	гр.ЩР3.5	Флотационно-фильтрационная установка	4,11	ВВГнг-LS 5х2,5
42	гр.ЩР3.6	Аппарат высокого давления	14,97	ВВГнг-LS 3х2,5
43	гр.ЩР3.7	Розетки в помещении 136	5,34	ВВГнг-LS 3х2,5

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
44	гр.ЩР3.8	Розетки в помещении 136	5,34	ВВГнг-LS 3x2,5
45	гр.ЩВ1.1	ШУП1	2,53	ВВГнг-LS 5x2,5
46	гр.ЩВ1.2	ШУП2	2,85	ВВГнг-LS 3x2,5
47	гр.ЩВ1.3	Вентилятор В5	0,90	ВВГнг-LS 5x1,5
48	гр.ЩВ1.4	Вентилятор В2	2,17	ВВГнг-LS 5x1,5
49	гр.ЩВ1.5	Вентилятор В1	2,07	ВВГнг-LS 5x1,5
50	гр.ЩВ1.6	Вентилятор В3	1,27	ВВГнг-LS 5x1,5
51	гр.ЩВ1.7	Вентилятор В4	0,23	ВВГнг-LS 3x1,5
52	гр.ЩВ1.8	Вентилятор В13	8,10	ВВГнг-LS 5x4
53	гр.ЩВ1.9	Вентилятор В14	8,10	ВВГнг-LS 5x4
54	гр.ЩВ1.10	Вентилятор В15	8,10	ВВГнг-LS 5x4
55	гр.ЩВ1.11	Вентилятор В16	8,10	ВВГнг-LS 5x4
56	гр.ЩВ1.12	Вентилятор В17	8,10	ВВГнг-LS 5x4
57	гр.ЩВ1.13	Вентилятор В18	8,10	ВВГнг-LS 5x4
58	гр.ЩВ2.1	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
59	гр.ЩВ2.2	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
60	гр.ЩВ2.3	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
61	гр.ЩВ2.4	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
62	гр.ЩВ2.5	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
63	гр.ЩВ2.6	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
64	гр.ЩВ2.7	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
65	гр.ЩВ2.8	Тепловентиляторы	17,10	ВВГнг-LS 5x4
66	гр.ЩВ2.9	Тепловая завеса	29,77	ВВГнг-LS 5x10
67	гр.ЩВ2.10	Тепловая завеса	29,77	ВВГнг-LS 5x10
68	гр.ЩВ2.11	Тепловая завеса	29,77	ВВГнг-LS 5x10
69	гр.ЩВ2.12	Подогрев воронок	4,80	ВВГнг-LS 5x2,5
70	гр.ЩВ3.1	ШУП 4	21,53	ВВГнг-LS 5x6
71	гр.ЩВ3.2	ШУП3	10,27	ВВГнг-LS 5x4
72	гр.ЩВ3.3	Вентилятор В6	4,46	ВВГнг-LS 5x2,5
73	гр.ЩВ3.4	Вентилятор В7	4,46	ВВГнг-LS 5x2,5
74	гр.ЩВ3.5	Вентилятор В8	4,46	ВВГнг-LS 5x2,5
75	гр.ЩВ3.6	Тепловая завеса	6,18	ВВГнг-LS 5x2,5
76	гр.ЩВ3.7	Тепловая завеса	8,10	ВВГнг-LS 5x2,5
77	гр.ЩВ3.8	Вентиляторы	0,41	ВВГнг-LS 3x1,5
78	гр.ЩВ3.9	Тепловентиляторы	2,90	ВВГнг-LS 3x1,5
79	гр.ЩО1.1	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
80	гр.ЩО1.2	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
81	гр.ЩО1.3	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
82	гр.ЩО1.4	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
83	гр.ЩО1.5	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
84	гр.ЩО1.6	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
85	гр.ЩО1.7	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
86	гр.ЩО1.8	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
87	гр.ЩО1.9	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
88	гр.ЩО1.10	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5
89	гр.ЩО1.11	Освещение склад	3,72	ВВГнг-LS 5x1,5

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
90	гр.ЩО1.12	Освещение навес	3,80	ВВГнг-LS 5x1,5
91	гр.ЩО1.13	Освещение 131	1,85	ВВГнг-LS 3x1,5
92	гр.ЩО1.14	Освещение 132	3,47	ВВГнг-LS 3x2,5
93	гр.ЩО1.15	Освещение 134	2,27	ВВГнг-LS 3x2,5
94	гр.ЩО1.16	Освещение въезды	2,55	ВВГнг-LS 3x2,5
95	ЯУО	ЯУО	66,48	ВВГнг-LS 5x25
96	ЩВ2	ЩВ-2	103,87	ВВГнг-LS 5x50
97	ЩВ1	ЩВ-1	38,80	ВВГнг-LS 5x25
98	ЩО1	ЩО-1	46,36	ВВГнг-LS 5x25
99	ЩС1	ЩС-1	87,49	ВВГнг-LS 5x50
100	ЩР1	ЩР-1	21,03	ВВГнг-LS 5x16
101	ЩР2	ЩР-2	6,82	ВВГнг-LS 5x4
102	ЩР3	ЩР-3	45,44	ВВГнг-LS 5x25
103	ЩВ3	ЩВ-3	47,31	ВВГнг-LS 5x25
104	Р1	от ВРУ до РП-1	230,85	ВВГнг-LS 5x185
105	Р2	от ВРУ до РП-2	202,26	ВВГнг-LS 5x185
106	Н-1	от КТП до ВРУ	439,76	ПвКШП(Г) 4x240

Для передачи электроэнергии от КТП до ВРУ-1 был выбран кабель с изоляцией из шитого полиэтилена с поясной изоляцией из ПВХ пластиката со стальной броней и в защитной оболочке из полиэтилена ПвКШП(Г) с герметизирующими лентами. Данный кабель был выбран из условия прокладки в грунте (в траншее), содержащем веществ разрушительно воздействующих на оболочку кабеля (насыпной строительный материал, шлак, повышенная влажность), а также из условия высокой возможности его повреждения. Кабель для питающей линии от КТП до ВРУ выбран из условий совместной прокладки, температуры окружающей среды и типа почвы.

Рассчитаем потери напряжения для наиболее протяженной линии от КТП. Напряжение на зажимах тепловой завесы, $U_{ЭП}$, % найдем по формуле:

$$U_{ЭП} = U_x - \Delta U_L, \quad (34)$$

где U_x – напряжение холостого хода на зажимах вторичной обмотки трансформатора, $U_x = 105\%$; ΔU_L – потери напряжения в линиях, %.

Потери напряжения в трехфазных линиях переменного тока следует определять по формуле:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_{л}} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%, \quad (35)$$

где I_p – расчетный ток в линии, А; L – длина линии, км; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки; r_0, x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км; $U_{л}$ – напряжение в линии, В.

Рассчитаем потери напряжения в линиях от трансформатора КТП до тепловой завесы, характеристика питающих линий представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Параметры линий до тепловой завесы щита ЩВ-2

№ п/п	Линия		Марка кабеля	L, км	I _p , А	cos φ	r ₀ , мОм/км	x ₀ , мОм/км
	Откуда	Куда						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КТП	ВРУ-1	ПвКШП(Г) 4х240	0,12	439,76	0,90	0,090	0,054
2	ВРУ-1	РП-1	ВВГнг-LS 5х185	0,008	230,85	0,90	0,100	0,078
3	РП-1	ЩВ-2	ВВГнг-LS 5х50	0,013	103,87	0,98	0,370	0,085
4	ЩВ-2	Тепловая завеса	ВВГнг-LS 5х10	0,250	29,77	0,75	1,840	0,099

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 439,76 \cdot 0,120}{380} (0,09 \cdot 0,9 + 0,43 \cdot 0,054) \cdot 100\% = 2,5 \%$$

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 230,85 \cdot 0,008}{380} (0,1 \cdot 0,9 + 0,43 \cdot 0,078) \cdot 100\% = 0,1 \%$$

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 103,83 \cdot 0,013}{380} (0,370 \cdot 0,85 + 0,62 \cdot 0,085) \cdot 100\% = 0,23 \%$$

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 29,77 \cdot 0,25}{380} (1,84 \cdot 0,75 + 0,88 \cdot 0,099) \cdot 100\% = 4,97 \%$$

Рассчитаем уровень напряжения в исследуемой линии:

$$U_{эн} = 105 - 2,5 - 0,1 - 0,23 - 4,97 = 97,2 \%$$

Таким образом, потери до наиболее протяженной линии питания электроприемников не превышают 5%. Значит, потери в других линиях так же не превышают допустимые значения.

6 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) – важный раздел в проектировании сети электроснабжения предприятия, так как для выбора оборудования системы электроснабжения (для автоматических выключателей) производится с учетом динамической стойкости и отключающей способности.

«Расчету для выбора и проверки электрооборудования по условиям КЗ подлежат:

- начальное значение периодической составляющей тока КЗ;
- аperiodическая составляющая тока КЗ;
- ударный ток КЗ;
- действующее значение периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени, вплоть до расчетного времени размыкания поврежденной цепи.

При расчетах токов КЗ в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать:

- индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей;
- активные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи;
- активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- значения параметров синхронных и асинхронных электродвигателей.

При расчетах токов КЗ рекомендуется учитывать сопротивление электрической дуги в месте КЗ» [10].

Расчет токов короткого замыкания будем производить согласно методике, описанной в [11, с.78]. Для расчета токов будем использовать следующие формулы:

Коэффициент действующего значения тока следует находить по формуле:

$$q = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}, \quad (36)$$

где K_y – ударный коэффициент, который определяется по графику представленном на рисунке 2.

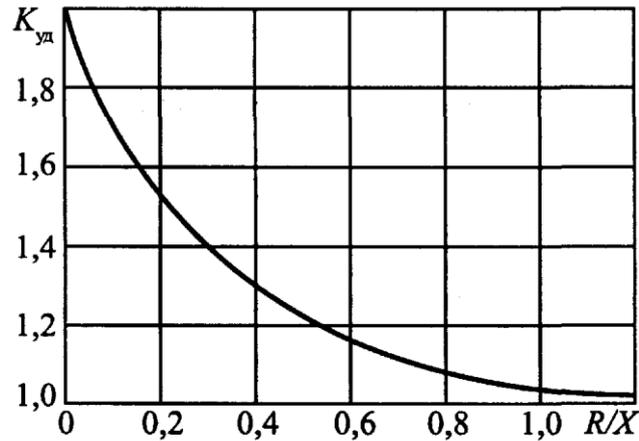


Рисунок 2 – График зависимости $K_y = F\left(\frac{r}{x}\right)$

Ток трехфазного КЗ определяется с учетом полного сопротивления до точки КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}}. \quad (37)$$

Ток двухфазного КЗ находится по формуле:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)}. \quad (38)$$

Ударный ток определяется по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K3}^{(3)}. \quad (39)$$

Действующее значение ударного тока:

$$I_y = q \cdot I_{K3}^{(3)}. \quad (40)$$

Расчет токов КЗ ведется в именованных единицах. Рассчитаем токи КЗ для линии до вентилятора В1 (гр.ЩВ1.5). Схема для расчета КЗ представлена на рисунке 3.

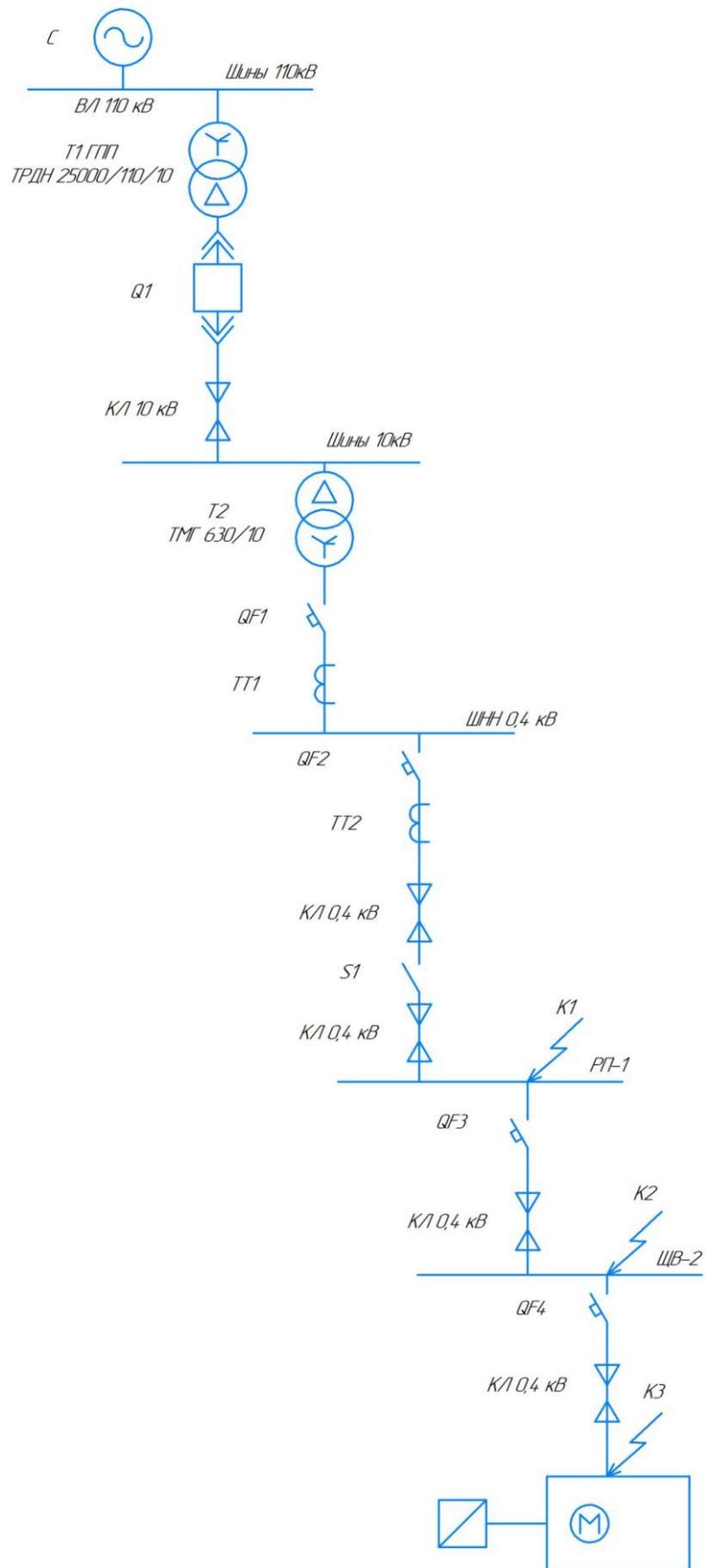


Рисунок 3 – Схема для расчета токов КЗ

Для того чтобы произвести расчет токов КЗ и ударного тока составим схему замещения, где отобразим каждый элемент расчетной схемы их активными и индуктивными сопротивлениями. Схема замещения для расчета токов КЗ представлена на рисунке 4.

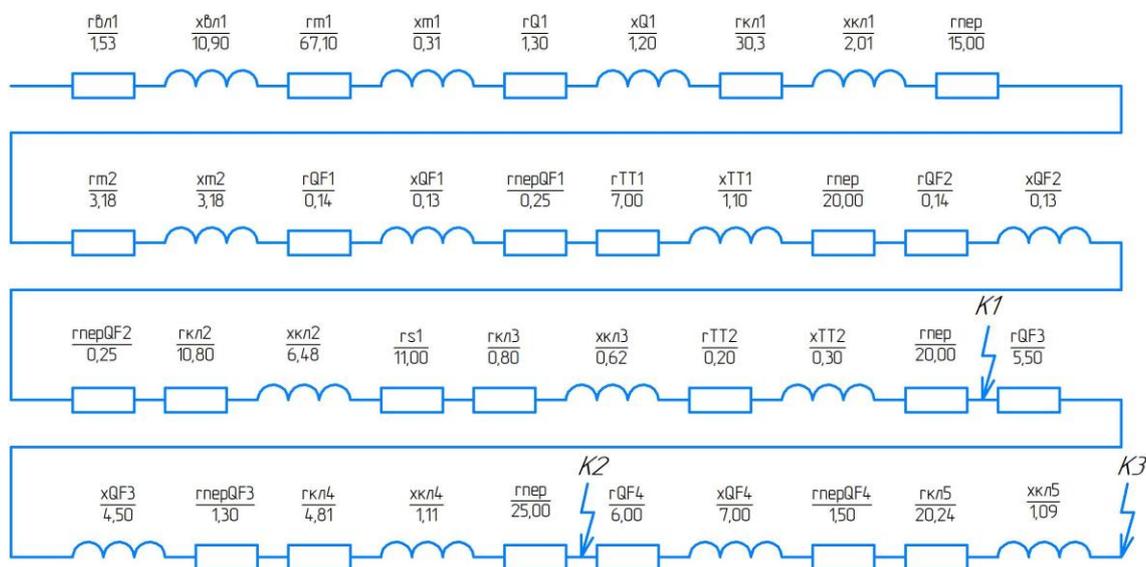


Рисунок 4 – Схема замещения для расчетов токов КЗ

Переходные сопротивления на ступенях распределения при отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях в сетях, питающихся от цеховых трансформаторов мощностью до 2500 кВА принято принимать равными: 15 мОм – для распределительных устройств подстанции; 20 мОм – для распределительных устройств первичных; 25 мОм – для последующих распределительных устройств [11, с. 79].

Сопротивление автоматических выключателей, рубильников, трансформаторов тока, силовых трансформаторов определим по справочным таблицам [10] и [11, с. 80].

Сопротивления выключателей составляют:

- для выключателя Q1: $r_{Q1} = 1,3 \text{ мОм}$; $x_{Q1} = 1,2 \text{ мОм}$;
- для автоматического выключателя QF1: $r_{QF1} = 0,13 \text{ мОм}$;
 $x_{QF1} = 0,14 \text{ мОм}$; $x_{\text{пер}QF1} = 0,25$;

- для автоматического выключателя QF2: $r_{QF2} = 0,13 \text{ мОм}$;
 $x_{QF2} = 0,14 \text{ мОм}$; $x_{\text{пер}QF1} = 0,25$;
- для автоматического выключателя QF3: $r_{QF3} = 4,5 \text{ мОм}$;
 $x_{QF3} = 5,5 \text{ мОм}$; $x_{\text{пер}QF3} = 1,3$;
- для автоматического выключателя QF4: $r_{QF4} = 7 \text{ мОм}$; $x_{QF4} = 6 \text{ мОм}$;
 $x_{\text{пер}QF4} = 1,5$.

Сопротивление силовых трансформаторов схемы замещения составят:

- для трансформатора ГПП ТРДН 25000/110/10: $r_{T1} = 0,31 \text{ мОм}$;
 $x_{T1} = 67,1 \text{ мОм}$;
- для трансформатора КТПТАС ТМГ-630/10/0,4: $r_{T2} = 3,18 \text{ мОм}$;
 $x_{T2} = 1,36 \text{ мОм}$.

Сопротивление трансформаторов тока схемы замещения составят:

- для трансформатора тока КТПТАС: $r_{TT1} = 7 \text{ мОм}$; $x_{TT1} = 1,1 \text{ мОм}$;
- для трансформаторов отходящей линии КТП : $r_{TT2} = 0,2 \text{ мОм}$;
 $x_{TT2} = 0,3 \text{ мОм}$.

Сопротивление рубильника составит: $r_S = 0,11 \text{ мОм}$.

Для кабельных и воздушных линий напряжением выше 1 кВ активное и индуктивное сопротивления следует определять по формуле:

$$r = r_0 \cdot L \frac{U_{\delta}}{U_{cp}}, \quad (41)$$

$$x = x_0 \cdot L \frac{U_{\delta}}{U_{cp}}, \quad (42)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление кабеля, мОм/км; x_0 – удельное индуктивное сопротивление кабеля, мОм/км; U_{δ} – базовое расчетное напряжение, $U_{\delta} = 0,4 \text{ кВ}$; U_{cp} – напряжение расчетного участка кабельной или воздушной линии; L – длина исследуемой линии, км.

Для кабельных линий напряжением до 1 кВ активное и индуктивное сопротивление определяется в зависимости от длины линии L , м.

$$r = r_0 \cdot L, \quad (43)$$

$$x = x_0 \cdot L, \quad (44)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление кабеля, мОм/км; x_0 – удельное индуктивное сопротивление кабеля, мОм/км.

Рассчитаем параметры кабельных и воздушных линий схемы замещения. Данные для расчета представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Данные для расчета сопротивлений линий

№ п/п	Линия		Индекс на схеме замещения	L, м	r_0 , мОм/км	x_0 , мОм/км
	Откуда	Куда				
1	2	3	4	5	8	9
1	Система	ГПП ТРДН 25000/110/10	вл1	2500	0,249	0,423
2	ГПП ТРДН 25000/110/10	2КТПТАС ТМГ 630/10/0,4	кл1	500	1,95	0,067
3	2КТПТАС ТМГ 630/10/0,4	ВРУ-1	кл2	120	0,09	0,054
4	ВРУ-1	РП-1		8	0,100	0,078
5	РП-1	ЩВ-1	кл3	13	0,370	0,085
6	ЩВ-1	Вентилятор В1	кл4	11	1,840	0,099

Найдем параметры элементов схемы замещения для воздушной и кабельных линий.

$$r_{вл1} = 1,2 \cdot 2500 \cdot \frac{0,4}{110} = 10,3 \text{ мОм.}$$

$$x_{вл1} = 0,243 \cdot 2500 \cdot \frac{0,4}{110} = 1,53 \text{ мОм.}$$

$$r_{кл1} = 1,01 \cdot 750 \cdot \frac{0,4}{110} = 30,3 \text{ мОм.}$$

$$x_{кл1} = 0,067 \cdot 750 \cdot \frac{0,4}{110} = 2,01 \text{ мОм.}$$

$$r_{кл2} = 0,09 \cdot 120 = 10,8 \text{ мОм.}$$

$$x_{кл2} = 0,054 \cdot 120 = 6,48 \text{ мОм.}$$

$$r_{кЛ3} = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ мОм.}$$

$$x_{кЛ3} = 0,078 \cdot 8 = 6,24 \text{ мОм.}$$

$$r_{кЛ4} = 0,37 \cdot 13 = 4,81 \text{ мОм.}$$

$$x_{кЛ4} = 0,085 \cdot 13 = 1,05 \text{ мОм.}$$

$$r_{кЛ5} = 1,84 \cdot 11 = 20,24 \text{ мОм.}$$

$$x_{кЛ5} = 0,099 \cdot 11 = 1,09 \text{ мОм.}$$

Составим упрощенную схему замещения, для этого просуммируем отдельно активные и реактивные сопротивления до каждой точки КЗ. Упрощенная схема представлена на рисунке 5.

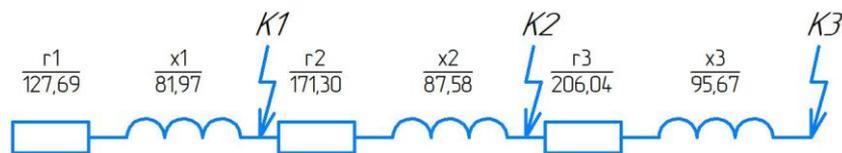


Рисунок 5 – Упрощенная схема замещения для расчета токов КЗ

Активное сопротивление до точки К1 составит:

$$\begin{aligned} r_{I\Sigma} = & r_{вл1} + r_{T1} + r_{Q1} + r_{кЛ1} + r_{неп} + r_{T2} + r_{QF1} + r_{непQF1} + \\ & r_{TT1} + r_{неп} + r_{QF2} + r_{непQF2} + r_{кЛ2} + r_{S1} + r_{кЛ3} + r_{TT2} + \\ & + r_{неп} + r_{д}, \end{aligned} \quad (45)$$

где $r_{д}$ – сопротивление дуги, мОм.

$$\begin{aligned} r_{I\Sigma} = & 10,9 + 0,31 + 1,3 + 30,3 + 15 + 3,18 + 0,14 + 0,25 + 7 + 20 + \\ & + 0,14 + 0,25 + 10,8 + 0,11 + 0,8 + 0,2 + 20 + 7 = 127,69 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Индуктивное сопротивление до точки К1 составит:

$$\begin{aligned} x_{I\Sigma} = & x_{вл1} + x_{T1} + x_{Q1} + x_{кЛ1} + x_{T2} + x_{QF1} + x_{TT1} + x_{QF2} + \\ & + x_{кЛ2} + x_{кЛ3} + x_{TT2} +. \end{aligned} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} x_{I\Sigma} = & 1,53 + 67,1 + 1,2 + 2,01 + 1,36 + 0,13 + 1,1 + 0,13 + 6,48 + 0,624 + \\ & + 0,624 + 0,3 = 81,97 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Полное сопротивление до точки К3 составит:

$$z_{I\Sigma} = \sqrt{r_I^2 + x_I^2}. \quad (47)$$

$$z_{1\Sigma} = \sqrt{127,69^2 + 81,97^2} = 151,73 \text{ мОм.}$$

Ударный коэффициент для точки К1 составит $K_y=1,02$. С учетом ударного коэффициента определим коэффициент действующего значения тока:

$$q = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,02 - 1)^2} \approx 1.$$

Рассчитаем ток трехфазного симметричного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 151,73} = 1,52 \text{ кА.}$$

Определим ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 1,52 = 1,32 \text{ кА.}$$

Найдем ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,02 \cdot 1,52 = 2,18 \text{ кА.}$$

Действующее значение ударного тока составит:

$$I_y = 1 \cdot 1,52 = 1,52 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем токи КЗ для точек К2 и К3 и запишем в таблицу 18.

Ток однофазного КЗ найдем по формуле:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{нф}}{z_n + 0,33 \cdot z_m^{(1)}}, \quad (48)$$

где $U_{нф}$ – номинальное напряжение фазы, В; z_n – сопротивление петли фаза-нуль до точки КЗ, мОм; $z_m^{(1)}$ – сопротивление трансформатора однофазному КЗ, мОм.

Для расчета тока однофазного короткого замыкания воспользуемся схемой замещения, представленной на рисунке 6. Схема замещения учитывает часть цепи от трансформатора КТП до электроприемника.

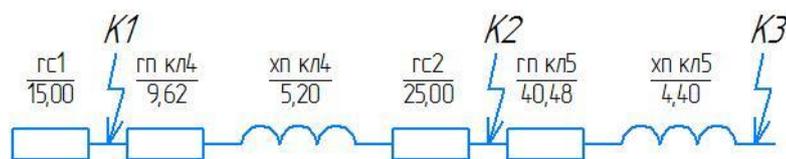


Рисунок 6 – Схема замещения для расчета тока однофазного КЗ

Активное сопротивление кабельной линии определяется по формуле:

$$r_n = 2 \cdot r_0. \quad (49)$$

Индуктивное сопротивление принимается равным $x_{\Pi} = 0,4$ мОм.

Рассчитаем ток однофазного КЗ в точке К1. Сопротивление петли фаза-нуль принимаем равным переходному сопротивлению ступени $z_{\Pi} = r_{c1} = 15$, так как другое активное или индуктивное сопротивление отсутствует в схеме замещения до точки К1.

Сопротивление трансформатора току однофазного КЗ по справочным таблицам составляет $z_T^{(1)} = 149$ мОм.

Найдем ток однофазного КЗ в точке К1:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{15 + 0,33 \cdot 149} = 3,42 \text{ кА.}$$

Аналогично ток однофазного КЗ найдем для других точек и запишем в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчетные токи КЗ

№ п/п	Точка КЗ	r_{Σ} , мОм	x_{Σ} , мОм	z_{Σ} , мОм	r/x	K_y	q	$I_{K3}^{(1)}$, кА	$I_{K3}^{(2)}$, кА	$I_{K3}^{(3)}$, кА	i_y , кА	I_y , кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	10	12	13
1	К1	127,69	81,97	151,73	1,55	1,02	1	3,42	1,31	1,52	2,18	1,52
2	К2	171,29	87,58	192,38	1,95	1,01	1	2,96	1,04	1,20	1,71	1,20
3	К3	206,04	95,66	227,17	2,15	1	1	1,91	0,88	1,02	1,43	1,02

Расчет был произведен до наименее удаленного электроприемника, поэтому расчетные значения токов короткого замыкания для исследуемых точек являются максимально возможными.

Аналогично проведем расчет токов короткого замыкания для секции II КТП, т.к. в нормальном режиме питание I и II секции шин является независимым. Полученные данные запишем в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчетные токи КЗ

№ п/п	Место КЗ	r_{Σ} , мОм	x_{Σ} , мОм	z_{Σ} , мОм	r/x	K_y	q	$I_{КЗ}^{(1)}$, кА	$I_{КЗ}^{(2)}$, кА	$I_{КЗ}^{(3)}$, кА	i_y , кА	I_y , кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	10	12	13
1	К1	127,79	82,05	151,86	1,55	1,01	1	3,43	1,31	1,52	2,16	1,52
2	К2	171,39	87,66	192,51	1,95	1	1	2,96	1,04	1,20	1,69	1,20
3	К3	219,02	96,44	239,31	2,27	1	1	1,56	0,83	0,96	1,36	0,96

Таким образом, наибольшую опасность для системы электроснабжения представляет ток однофазного короткого замыкания.

7 Выбор оборудования

Долговечность и надежность работы системы зависит от параметров функционирования и рабочих характеристик технических средств, реализующих систему электроснабжения. Оборудование системы электроснабжения предприятия производится на основе полученных расчетных данных, а также из условий технико-экономической целесообразности, а так же климатических условий окружающей среды. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители.

7.1 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели предназначены для защиты отходящих линий при коротких замыканиях или режимах работы сети, отличающихся от нормальных. Основное назначение автоматических выключателей – защита электрических цепей от разрушительного действия токов короткого замыкания и предотвращение возможного возгорания. Место установки, а также технические характеристики автоматических выключателей выбираются таким образом, чтобы обеспечить надежность работы системы электроснабжения. Надежность работы системы электроснабжения обеспечивается быстрым и своевременным отключением питания поврежденных линий, а также селективностью работы защитных аппаратов [13].

Для защиты распределительных и групповых сетей будем применять автоматические выключатели серии ВА укомплектованные комбинированным расцепителем и независимым расцепителем. Данные автоматические выключатели устанавливаются в распределительных щитах на отходящих линиях. Крепятся на DIN-рейку и могут устанавливаться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Для линии от щита РП-1 до щита ЩВ-2 предварительно для защиты от ненормальных режимов выберем автоматический выключатель ВА88-32 с

комбинированным расцепителем. Рабочие характеристики выключателя приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Характеристики автоматического выключателя ВА88-32

№ п/п	Техническая характеристика	Значение параметра
1	2	3
1	Номинальное напряжение, В	400
2	Номинальный ток, А	125
3	Номинальный ток расцепителя, А	125
4	Уставка срабатывание магнитного расцепителя, А	10 I _н
5	Номинальная наибольшая отключающая способность, кА	12,5
6	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, кА	5

Возможность установки автоматических выключателей проверим согласно следующим параметрам и условиям эксплуатации в нормальном режиме функционирования системы электроснабжения предприятия.

По номинальному напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сети.ном}, \quad (50)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение автоматического выключателя, В;
 $U_{сети.ном}$ – номинальное напряжение сети, В.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_{сети.ном} = 380 \text{ В}.$$

По номинальному току расцепителя:

$$I_{ном} \geq I_{прод.расч}, \quad (51)$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А;
 $I_{длит.расч}$ – расчетный длительный ток нагрузки, А.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$I_{ном} = 125 \text{ А} \geq I_{прод.расч} = 103,87 \text{ А}.$$

По номинальному току автоматического выключателя:

$$I_{ном.а} \geq I_{ном}, \quad (52)$$

где $I_{ном.а}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А; $I_{ном}$ – номинальный ток участка цепи, А.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$I_{ном.а} = 125 \text{ А} \geq I_{ном} = 103,87 \text{ А}.$$

По пиковому току:

$$I_{сраб} \geq 1,25 \cdot I_{пик}, \quad (53)$$

где $I_{сраб}$ – ток срабатывания автоматического выключателя, А; $I_{пик}$ – кратковременный пиковый ток в линии, А.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$1250 \text{ А} \geq 236 \text{ А}.$$

По возможности отключения тока однофазного короткого замыкания:

$$I^{(1)} \geq 1,1 \cdot I_{сраб}, \quad (54)$$

где $I^{(1)}$ – ток однофазного короткого замыкания, кА.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$2,96 \text{ кА} \geq 1,38 \text{ кА}.$$

По отключающей способности выключателя:

$$I^{(3)} < I_{откл}, \quad (55)$$

где $I^{(3)}$ – ток симметричного короткого замыкания, кА; $I_{откл}$ – предельный ток отключения автоматического выключателя, кА.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$1,20 \text{ кА} \geq 12,5 \text{ кА}.$$

По динамической стойкости токам трехфазного короткого замыкания:

$$i_{дин} > i_{уд}, \quad (56)$$

где $i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости, кА; $i_{уд}$ – ударный ток трехфазного короткого замыкания, кА.

Для автоматического выключателя ВА88-32:

$$1,41 \cdot 25 \text{ кА} \geq 1,69 \text{ кА}.$$

Таким образом, автоматический выключатель ВА88-32 может быть принят к установке [12, с. 66].

Аналогично произведем выбор автоматических выключателей других линий и запишем в таблицу 22.

Таблица 22 – Выбор автоматических выключателей

№ п/п	Маркировка группы	Марка автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Количество фаз
1	2	3	4	3
1	гр. ЩС1.1	АВДТ34	С 25 (30 мА)	3
2	гр. ЩС1.2	АВДТ34	С 16 (30 мА)	3
3	гр. ЩС1.3	АВДТ34	С 16 (30 мА)	3
4	гр. ЩС1.4	АВДТ34	С 32 (30 мА)	3
5	гр. ЩС1.5	АВДТ34	С 32 (30 мА)	3
6	гр. ЩС1.6	АВДТ34	С 32 (30 мА)	3
7	гр. ЩС1.7	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
8	гр. ЩС1.8	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
9	гр. ЩС1.9	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
10	гр. ЩС1.10	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
11	гр. ЩС1.11	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
12	гр. ЩС1.12	АВДТ34	С 32 (30 мА)	3
13	гр.ЩР1.1	ВА47 – 29	В 10	1
14	гр.ЩР1.2	ВА47 – 29	В 10	1
15	гр.ЩР1.3	ВА47 – 29	В 10	1
16	гр.ЩР1.4	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
17	гр.ЩР1.5	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
18	гр.ЩР1.6	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
19	гр.ЩР1.7	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
20	гр.ЩР1.8	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
21	гр.ЩР1.9	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
22	гр.ЩР1.10	АВДТ34	С 16 (30 мА)	3
23	гр.ЩР1.11	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
24	гр.ЩР1.12	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
25	гр.ЩР1.13	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
26	гр.ЩР1.14	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
27	гр.ЩР1.15	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
28	гр.ЩР1.16	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
29	гр.ЩР2.1	ВА47 – 29	В 10	1
30	гр.ЩР2.2	ВА47 – 29	В 10	1
31	гр.ЩР2.3	ВА47 – 29	В 10	1
32	гр.ЩР2.4	ВА47 – 29	В 10	1
33	гр.ЩР2.5	ВА47 – 29	В 10	1
34	гр.ЩР2.6	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
35	гр.ЩР2.7	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
36	гр.ЩР2.8	АВДТ32	С 16 (30 мА)	1
37	гр.ЩР3.1	АВДТ32	С 25 (30 мА)	1
38	гр.ЩР3.2	АВДТ32	С 25 (30 мА)	1
39	гр.ЩР3.3	ВА47 – 29	С 32	3

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5
40	гр.ЩРЗ.4	ВА47 – 29	С 32	3
41	гр.ЩРЗ.5	АВДТ34	С 16 (30 мА)	3
42	гр.ЩРЗ.6	АВДТ32	С 25 (30 мА)	1
43	гр.ЩРЗ.7	АВДТ32	С 25 (30 мА)	1
44	гр.ЩРЗ.8	АВДТ32	С 25 (30 мА)	1
45	гр.ЩВ1.1	ВА47 – 29	С 16	3
46	гр.ЩВ1.2	ВА47 – 29	С 16	3
47	гр.ЩВ1.3	ВА47 – 29	С 10	3
48	гр.ЩВ1.4	ВА47 – 29	С 10	3
49	гр.ЩВ1.5	ВА47 – 29	С 10	3
50	гр.ЩВ1.6	ВА47 – 29	С 10	3
51	гр.ЩВ1.7	ВА47 – 29	С 10	1
52	гр.ЩВ1.8	ВА47 – 29	С 10	3
53	гр.ЩВ1.9	ВА47 – 29	С 10	3
54	гр.ЩВ1.10	ВА47 – 29	С 10	3
55	гр.ЩВ1.11	ВА47 – 29	С 10	3
56	гр.ЩВ1.12	ВА47 – 29	С 10	3
57	гр.ЩВ1.13	ВА47 – 29	С 10	3
58	гр.ЩВ2.1	ВА47 – 29	С 25	3
59	гр.ЩВ2.2	ВА47 – 29	С 25	3
60	гр.ЩВ2.3	ВА47 – 29	С 25	3
61	гр.ЩВ2.4	ВА47 – 29	С 25	3
62	гр.ЩВ2.5	ВА47 – 29	С 25	3
63	гр.ЩВ2.6	ВА47 – 29	С 25	3
64	гр.ЩВ2.7	ВА47 – 29	С 25	3
65	гр.ЩВ2.8	ВА47 – 29	С 25	3
66	гр.ЩВ2.9	ВА47 – 29	С 40	3
67	гр.ЩВ2.10	ВА47 – 29	С 40	3
68	гр.ЩВ2.11	ВА47 – 29	С 40	3
69	гр.ЩВ2.12	ВА47 – 29	С 16	3
70	гр.ЩВ3.1	ВА47 – 29	С 32	3
71	гр.ЩВ3.2	ВА47 – 29	С 25	3
72	гр.ЩВ3.3	ВА47 – 29	С 16	3
73	гр.ЩВ3.4	ВА47 – 29	С 16	3
74	гр.ЩВ3.5	ВА47 – 29	С 16	3
75	гр.ЩВ3.6	ВА47 – 29	С 16	3
76	гр.ЩВ3.7	ВА47 – 29	С 16	3
77	гр.ЩВ3.8	ВА47 – 29	С 16	3
78	гр.ЩВ3.9	ВА47 – 29	С 16	3
79	гр.ЩО1.1	ВА47 – 29	В 10	3
80	гр.ЩО1.2	ВА47 – 29	В 10	3
81	гр.ЩО1.3	ВА47 – 29	В 10	3
82	гр.ЩО1.4	ВА47 – 29	В 10	3
83	гр.ЩО1.5	ВА47 – 29	В 10	3
84	гр.ЩО1.6	ВА47 – 29	В 10	3
85	гр.ЩО1.7	ВА47 – 29	В 10	3
86	гр.ЩО1.8	ВА47 – 29	В 10	3

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5
87	гр.ЩО1.9	ВА47 – 29	В 10	3
88	гр.ЩО1.10	ВА47 – 29	В 10	3
89	гр.ЩО1.11	ВА47 – 29	В 10	3
90	гр.ЩО1.12	ВА47 – 29	В 10	3
91	гр.ЩО1.13	ВА47 – 29	В 10	3
92	гр.ЩО1.14	ВА47 – 29	В 10	3
93	гр.ЩО1.15	ВА47 – 29	В 10	3
94	гр.ЩО1.16	ВА47 – 29	В 10	3
95	ЯУО	ВА47 – 100	С 100	3
96	ЩВ2	ВА88 – 32	125	3
97	ЩВ1	ВА47 – 100	С 63	3
98	ЩО1	ВА47 – 100	С 63	3
99	ЩС1	ВА88 – 32	125	3
100	ЩР1	ВА47 – 100	С 40	3
101	ЩР2	ВА47 – 100	С 25	3
102	ЩР3	ВА47 – 100	С 80	3
103	ЩВ3	ВА47 – 100	С 25	3

7.2 Выбор плавких предохранителей

Плавкие предохранители устанавливаются на вводе в здание в качестве защитной аппаратуры. Возможность установки предохранителя проверяется по параметрам и условиям эксплуатации в нормальном режиме функционирования системы электроснабжения предприятия. Предварительно для линии к РП-1 выберем плавкий предохранитель ПН-2 400/315А с номинальным током вставки 315 А, номинальным током предохранителя 400 А, номинальным напряжением переменного тока 380 В.

Условие выбора по номинальному напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сети.ном}, \quad (57)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение плавкого предохранителя, В; $U_{сети.ном}$ – номинальное напряжение сети, В [6, с.69].

Для предохранителя ПН-2 400/315А:

$$380 В \geq 380 В.$$

По номинальному току плавкой вставки:

$$I_{ном.вс} \geq I_{прод.расч}, \quad (58)$$

где $I_{ном.вс}$ – номинальный ток плавкой вставки, А; $I_{длит.расч}$ – расчетный длительный ток нагрузки, А.

Для предохранителя ПН-2 400/315А:

$$315 A \geq 230,85 A.$$

По номинальному току предохранителя:

$$I_{ном.пр} \geq I_{ном.вс}, \quad (59)$$

где $I_{ном.пр}$ – номинальный ток предохранителя, А.

Для предохранителя ПН-2 400/315А:

$$400 A \geq 315 A.$$

Проверка чувствительности защиты предохранителя при коротком замыкании выполняется по соотношению:

$$\frac{I^{(1)}}{I_{ном.вс}} \geq 3, \quad (60)$$

где $I^{(1)}$ – ток однофазного короткого замыкания, кА [7, с.74].

Для предохранителя ПН-2 400/315А:

$$\frac{2960}{315} = 9,40 \geq 3.$$

Таким образом, плавкий предохранитель ПН-2 400/315А можно принять к установке.

Аналогично выбрали плавкий предохранитель ПН-2 400/315А для установки на линии к РП-2.

7.3 Выбор рубильника

На вводе в здание в системе электроснабжения предусмотрен рубильник. Условия выбора рубильника представлены в [12, с. 69].

По номинальному напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сети.ном}, \quad (61)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение на которое рассчитан рубильник, В;
 $U_{сети.ном}$ – номинальное напряжение сети, В.

По номинальному току расцепителя:

$$I_{ном} \geq I_{прод.расч}, \quad (62)$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток рубильника, А; $I_{длит.расч}$ – расчетный длительный ток нагрузки, А.

По динамической стойкости токам трехфазного короткого замыкания:

$$i_{дин} > i_{уд}, \quad (63)$$

где $i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости, кА; $i_{уд}$ – ударный ток трехфазного короткого замыкания, кА.

Предварительно выберем рубильник РПС-6. Проверим соответствие рабочих характеристик рубильника параметрам сети и нагрузки в месте установки.

По номинальному напряжению:

$$500 \text{ В} \geq 400 \text{ В}.$$

По номинальному току расцепителя:

$$630 \text{ А} \geq 433,09 \text{ А}.$$

По динамической стойкости токам трехфазного короткого замыкания:

$$32 \text{ кА} > 1,69 \text{ кА}.$$

К установке принимаем рубильник РПС-6.

8 Расчет заземления

На вводе в здание предусмотрен контур заземления с сопротивлением растекания тока $R \leq 4$ Ом [9]. Контур заземления выполнен из круглых вертикальных и горизонтальных стальных стержней диаметром 18 мм. Вертикальные заземлители выполнены длиной $L=5$ м и расположены на расстоянии 5 м друг от друга. Горизонтальные заземлители проложены в траншее на глубине 0,7 м [14].

Сопротивление растекания тока в вертикальном заземлителе R_B , Ом, следует определять по формуле:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left(\ln \left(\frac{2L}{d} \right) + 0,5 \ln \left(\frac{4T + L}{4T - L} \right) \right), \quad (64)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; L – длина стержня, м; d – диаметр стержня, м; T – расстояние от поверхности земли от поверхности земли до середины стержня, м.

Сопротивление грунта (чернозем) составляет 50 Ом·м, расстояние от поверхности грунта до середины стержня $T=3,2$ м.

Определим сопротивление растекания тока в стержне:

$$R_B = \frac{50}{2\pi \cdot 5} \left(\ln \left(\frac{2 \cdot 5}{0,0018} \right) + 0,5 \ln \left(\frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) \right) = 71,93 \text{ Ом.}$$

Формула для определения числа вертикальных заземлителей имеет вид:

$$n_0 = \frac{R_B \cdot \Psi}{R_H}, \quad (65)$$

где R_H – нормативное сопротивление заземлителя, Ом; Ψ – коэффициент сезонности горизонтального заземлителя.

Определим число вертикальных заземлителей:

$$n = \frac{71,93 \cdot 1,8}{4} = 33 \text{ шт.}$$

Сопротивление растекания тока в горизонтальном заземлителе, Ом, следует определять по формуле:

$$R_2 = 0,366 \frac{\rho \cdot \psi}{\eta_2 \cdot L_2} \lg \left(\frac{L_2^2}{b \cdot t} \right), \quad (66)$$

где $L_Г$ – длина горизонтального заземлителя, м; b – ширина горизонтального заземлителя, м; $\eta_Г$ – коэффициент спроса горизонтальных заземлителей, t – глубина прокладки в траншее, м.

Длину горизонтального заземлителя найдем по формуле:

$$L_2 = a, \quad (67)$$

где a – расстояние между заземляющими стержнями, м.

Таким образом, длина горизонтального заземлителя $L_Г = 5$ м.

$$R_2 = 0,366 \frac{50 \cdot 1,8}{0,24 \cdot 5} \lg \left(\frac{25}{0,7 \cdot 0,0018} \right) = 117,96 \text{ Ом.}$$

Определим сопротивление вертикального заземлителя с учетом сопротивления растеканию тока горизонтальных заземлителей:

$$R = \frac{R_2 \cdot R_H}{(R_2 - R_H)}. \quad (68)$$

$$R = \frac{117,96 \cdot 4}{(117,96 - 4)} = 3,86 \text{ Ом.}$$

Полное количество вертикальных заземлителей N , шт, следует определять по формуле:

$$N = \frac{R_B}{R \cdot \eta_B}, \quad (69)$$

где η_B – коэффициент спроса вертикальных заземлителей.

$$N = \frac{71,93}{3,86 \cdot 0,45} \approx 42 \text{ шт.}$$

Таким образом, полное число вертикальных заземлителей контура составляет 42 стержня [15].

9 Расчет молниезащиты

Молниезащиту выполним согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений». Согласно данному нормативному документу здание относится к III категории по устройству молниезащиты [16].

Согласно таблице 3.8 СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» на поверхности кровли установке подлежит сетка молниеприемника. Размер ячейки молниеприемника составляет 9600x9600 мм [17].

Сетка молниеприемника изготавливается из прутьев из оцинкованной стали диаметром 8 мм и устанавливается на кровле посредством универсальных держателей с бетоном ND1000. Держатели устанавливаются таким образом, что расстояние между ними не превышает 1 м. Прутья между собой соединяются универсальным соединителем NG3103.

Все металлические элементы, которые выступают над крышей, должны быть соединены с сеткой молниеприемника.

Соединение с контуром заземления выполняется посредством опусков прутьев из оцинкованной стали диаметром 8 мм через каждые 25 м. Крепление молниеотвода к фасаду осуществляется при помощи фасадного держателя ND2302. В месте присоединения токоотвода к контуру заземления выводится стальная полоса соединения молниеотвода с контуром заземления, от контура выводится стальная полоса 5x40 мм.

По периметру здания проглаживается горизонтальный контур молниезащиты из стального стержня диаметром 18 мм. Согласно ПУЭ п.1.7.82 выполняется объединение молниезащитного контура с заземляющим устройством защитного заземления электроустановок здания [18].

10 Энергетическая эффективность

В рамках проектирования системы электроснабжения предприятия предусмотрены следующие мероприятия по экономии электроэнергии:

- установка вводно-распределительного устройства, распределительных щитов в центрах нагрузок и прокладка кабельных линий по ходу распределения электроэнергии для минимизации потерь;
- выбор сечения проводов и кабелей распределительных сетей с учетом максимальных коэффициентов использования;
- реализация системы общего искусственного и аварийного освещения реализована с применением светодиодных светильников;
- установка количества светильников с учетом уровня освещенности, требуемого санитарными нормами и правилами;
- блокировка вентиляторов тепловых завес с устройствами открывания-закрывания ворот;
- применение блоков аварийного питания для системы аварийного освещения;
- выбор мощности силовых трансформаторов КТП на основе технико-экономического расчета, с учетом оптимальной загрузки в нормальном режиме работы;
- применение современного силового оборудования с высоким КПД;
- использование кабелей и проводов с медными жилами [19].

11 Обеспечение пожарной безопасности

Панель противопожарных устройств относится к I категории надежности электроснабжения, ее электропитание выполняется через щит автоматического ввода резерва АВР кабелем марки ВВГнг-FRLS 5x120 мм² с пределом огнестойкости 45 минут.

Эвакуационное (антипаническое) освещение предусматривается во всех помещениях за исключением санитарных помещений. Светильники эвакуационного освещения входят в систему общего искусственного освещения, снабжаются блоками аварийного питания и отличаются маркировкой.

Распределительные и групповые сети выполняются проводами и кабелями с медными жилами ВВГнг(А)-LS. При питании нескольких штепсельных розеток от одной групповой линии ответвления защитного проводника к каждой штепсельной розетке должны выполняться в ответвительных коробках или (при питании розеток шлейфом) в коробках для установки штепсельных розеток. Последовательное включение в защитный проводник заземляющих контактов штепсельных розеток не допускается.

Работа вытяжной вентиляции, тепловых завес и кондиционеров при возникновении пожара прекращается. Предусматривается автоматическое отключение с использованием независимого расцепителя автоматического выключателя на вводе щитов вентиляции, который получает сигнал о пожаре от исполнительного релейного блока пожарной сигнализации в электрощитовой.

Во избежание пожаров так же предусмотрено устройство молниезащиты. Проектируемое здание подлежит защите от прямых ударов молнии, а также от вторичных проявлений. Для защиты зданий от вторичных проявлений молнии заземлитель защиты от прямых ударов молнии объединен с заземлителями повторного заземления на вводах питающих кабелей в здание [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является проектное решение по разработке схемы электроснабжения производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия.

Для получения проектного решения были рассчитаны:

- электрические нагрузки;
- мощность трансформаторов для КТП;
- номинальные токи питающих, групповых линий и вводов;
- токи короткого замыкания.

Для проектирования системы электроснабжения предприятия были произведены:

- выбор силовых трансформаторов типа ТМГ-630/10-УХЛЗ для КТП;
- выбор типа системы электроснабжения;
- выбор коммутационного оборудования и проводников;
- расчет заземления;
- выбор типа молниезащиты.

Мощность трансформатора ТМГ-630/10-УХЛЗ была определена путем технико-экономического сравнения, исходя из параметров сети, стоимости оборудования КТП, компенсирующих устройств, а также расходов на амортизацию, эксплуатацию, обслуживание и затрат на потери мощности в трансформаторах.

Сечение кабелей было определено по длительно допустимому току с учетом коэффициента совместной прокладки кабелей и способа их прокладки.

Марка кабеля была выбрана с учетом способа прокладки, условий прокладки, а также условий окружающей среды. Для прокладки кабельных линий внутри здания используется кабель ВВГнг(А)-LS и ВВГнг-LS, для прокладки в траншее (от КТП к ВРУ) выбран кабель ПвКШП(Г).

Для искусственного освещения были выбраны светильники производителя VARTON, что связано с высокими эксплуатационными

свойствами и высоким качеством источников света, что положительно сказывается на световом потоке и его цветовой температуре. Светильники подобраны так, что их световые кривые максимально подходят для достижения необходимого освещения в помещениях.

На основе расчетов была составлена принципиальная однолинейная схема электроснабжения производственно-складского корпуса деревообрабатывающего предприятия. Данная схема соответствует требованиям нормативных документов, а также выполнена с учетом характеристик функционирования предприятия и производственно-складского корпуса в том числе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 29.04.2018).
2. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации от 01.01.2015. URL: docs.cntd.ru/document/1200107497 (дата обращения 29.04.2018).
3. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085105> (дата обращения 29.04.2018).
4. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: docs.cntd.ru/document/1200084087 (дата обращения 29.04.2018).
5. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Свод правил по проектированию и строительству от 01.01.2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 29.04.2018).
6. Киреева Э.А., Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.
7. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.
8. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 29.04.2018).

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 29.04.2018).
10. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт от 01.01.1995. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630> (дата обращения 29.04.2018).
11. Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Проектирование системы электроснабжения цеха: учеб. пособие по выполнению курсового проекта. Волгоград: ИУНЛ ВолГТУ, 2015. 105с.
12. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учеб.-метод. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 1 оптический диск.
13. Octavian Mihai Machidon, Radu Constantin Andrei, Carmen Gerigan Smart circuit breaker communication infrastructure // TEM Journal. 2017. № 6(4). С. 855-861.
14. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 29.04.2018).
15. Sajad Samadinasab, Farhad Namdari, Mohammed Bakhshipoor A novel approach for earthing system design using finite element method // Journal of Intelligent Procedures in electrical technology. 2017. №8(29). С. 54-63.
16. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 29.04.2018).
17. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 29.04.2018).

18. İlhan Tarimer, Boleslav Kuca The proposition to Safety of a lightning protection system for high Structures // TEM Journal. 2017. № 2(4). C. 309-313.
19. Sanobar Hassan Khattak, Michael Oates, Rick Greenough Towards improved energy and resource management in manufacturing // Energies. 2018. № 11(4). C. 1-15.
20. Pas Jacek Selected Methods for increases reliability the of electronic system security // Journal of KONBiN. 2015. № 35(1). C. 147-156.

Приложение А. Результаты расчета общего освещения в ППО DIALux

Деревообрабатывающее предприятие

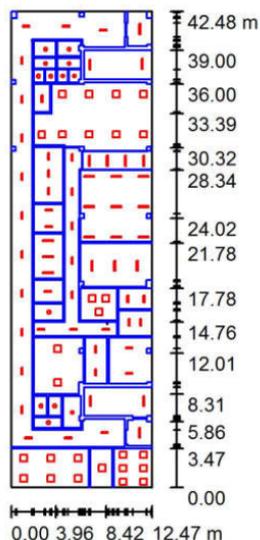


DIALux

28.05.2018

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "В1/Д" / "23-25" отм.+0.00 / Резюме



Высота помещения: 3.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:546

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	153	15	501	0.097
Полы	20	142	6.23	500	0.044
Потолок	70	27	7.75	177	0.286
Стенки (4)	50	87	7.13	769	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краяевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	27	Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE (1.000)	2466	2466	27.7
2	31	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1.000)	1545	1545	18.3
3	8	Varton V1-I0-70073-03000-6702740 LED luminaires IRON (1.000)	2329	2330	27.5
4	25	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
5	13	Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL (1.000)	1667	1667	15.5
Всего:			225572	225589	2405.1

Удельная подсоединенная мощность: 4.54 W/m² = 2.97 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 529.96 m²)



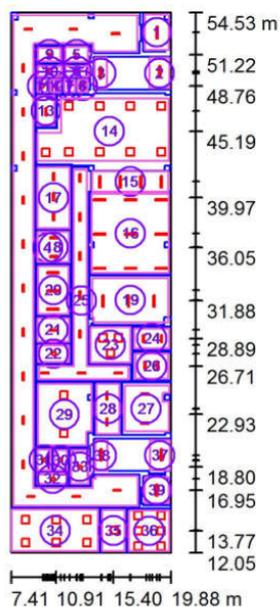
Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "В1/Д" / "23-25" отм.+0.00 / Ведомость светильников

27 Шт.	<p>Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE № изделия: V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 Световой поток (Светильник): 2466 lm Световой поток (Лампы): 2466 lm Мощность светильников: 27.7 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 60 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,65W 2466,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
31 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701865 Световой поток (Светильник): 1545 lm Световой поток (Лампы): 1545 lm Мощность светильников: 18.3 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 63 86 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,29W 1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
8 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6702740 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6702740 Световой поток (Светильник): 2329 lm Световой поток (Лампы): 2330 lm Мощность светильников: 27.5 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 66 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,54W 2329,5lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
25 Шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
13 Шт.	<p>Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL № изделия: V1-U0-00086-21000-6501550 Световой поток (Светильник): 1667 lm Световой поток (Лампы): 1667 lm Мощность светильников: 15.5 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 49 80 96 100 100 Комплектация: 1 x LED module 15,5W 1667,3lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	



оси "В1/Д" / "23-25" отм.+0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 484

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	101. Тамбур 100 лк	по горизонтали	8 x 8	108	81	130	0.744	0.622
2	102. Лестничная клетка 100 лк	по горизонтали	8 x 8	116	97	130	0.839	0.743
3	102а. Лестничная клетка 100 лк	по горизонтали	4 x 8	115	100	126	0.870	0.789
4	103. Коридор 100 лк	по горизонтали	128 x 64	100	59	151	0.591	0.394
5	104. Тамбур санузла 75 лк	по горизонтали	8 x 8	79	68	85	0.867	0.799
6	104а. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 4	81	73	87	0.903	0.841
7	104б. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	85	82	87	0.966	0.939
8	104в. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	86	84	88	0.969	0.945
9	105. Тамбур санузла 75 лк	по горизонтали	8 x 8	79	70	85	0.878	0.819

оси "В1/Д" / "23-25" отм.+0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
10	105а. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 4	79	71	85	0.902	0.838
11	105б. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	84	81	86	0.964	0.937
12	105в. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	84	81	86	0.970	0.944
13	106. Гардеробная уличной одежды 75 лк	по горизонтали	8 x 8	120	99	135	0.826	0.734
14	107. Обеденный зал 200 лк	по горизонтали	64 x 32	250	127	368	0.507	0.344
15	107а. Раздаточная 300 лк	по горизонтали	32 x 8	331	235	388	0.710	0.604
16	108. Горячий цех, холодный цех 300 лк	по горизонтали	32 x 32	316	157	374	0.498	0.420
17	109. Моечная 200 лк	по горизонтали	16 x 32	208	132	268	0.637	0.495
18	110. Моечная 200 лк	по горизонтали	16 x 16	194	150	227	0.772	0.660
19	111. Мясо-рыбный цех 200 лк	по горизонтали	32 x 32	204	94	302	0.458	0.310
20	112. Овощной цех 300 лк	по горизонтали	16 x 16	304	200	379	0.660	0.528
21	113. Помещение хранения х/б изделий 100 лк	по горизонтали	16 x 16	111	66	147	0.589	0.445
22	114. КУИ 50 лк	по горизонтали	16 x 8	96	67	118	0.693	0.564
23	115. Кабинет заведующей 300 лк	по горизонтали	16 x 16	342	179	469	0.523	0.382
24	116. Моечная 200 лк	по горизонтали	16 x 16	200	140	246	0.700	0.568
25	117. Коридор 100 лк	по горизонтали	32 x 64	105	85	124	0.805	0.685
26	118. Тамбур 100 лк	по горизонтали	8 x 8	132	101	157	0.760	0.640
27	119. Кладовая 100 лк	по горизонтали	16 x 16	114	43	167	0.378	0.257
28	120. Помещение холодильников 100 лк	по горизонтали	8 x 16	107	79	127	0.741	0.625
29	121. Гардеробная 75 лк	по горизонтали	16 x 16	104	58	141	0.554	0.409
30	122. Тамбур 100 лк	по горизонтали	8 x 8	82	74	87	0.904	0.855
31	123. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 8	80	72	85	0.893	0.840
32	124. Душевая 50 лк	по горизонтали	8 x 4	77	65	86	0.846	0.760
33	125. КУИ 50 лк	по горизонтали	8 x 16	113	67	156	0.595	0.431
34	126. Кабинет инженера 300 лк	по горизонтали	32 x 16	356	207	429	0.583	0.484
35	127. Вестибюль 75 лк	по горизонтали	8 x 16	109	79	143	0.717	0.551
36	128. Кабинет для приема	по	16 x 16	566	390	682	0.689	0.572

37	больных 500 лк 129. Лестничная клетка 100 лк	горизонтали по горизонтали	8 x 8	114	96	130	0.845	0.741
38	129а. Лестничная клетка 100 лк	по горизонтали	4 x 8	113	98	125	0.863	0.781
39	130. Тамбур 100 лк	по горизонтали	8 x 8	121	98	139	0.815	0.707

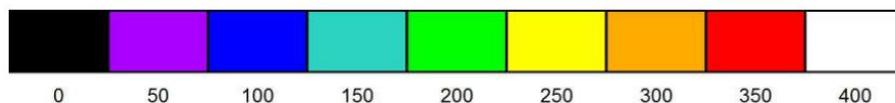
Сводка результатов

Тип	исло	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{\min} / E_{cp}	$E_{\min} / E_{\text{max}}$
по горизонтали	39	191	43	682	0.23	0.06

DIALux 4.13 by DIAL GmbH

Сторона 4

оси "В1/Д" / "23-25" отм.+0.00 / Фиктивные цвета - визуализация

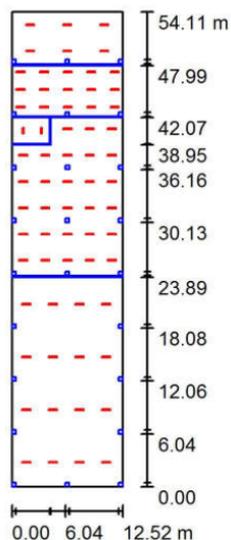


lx



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Резюме



Высота помещения: 6.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:695

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	152	47	353	0.310
Полы	20	151	15	355	0.102
Потолок	70	24	10	41	0.418
Стенки (4)	50	58	10	373	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

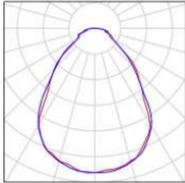
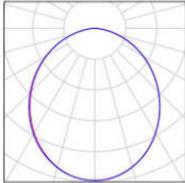
№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	2	Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON (1.000)	1457	1457	18.1
2	65	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
Всего:			186924	186936	1777.6

Удельная подсоединенная мощность: 2.63 W/m² = 1.72 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 677.16 m²)



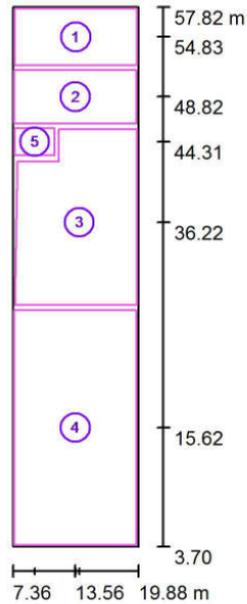
Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Ведомость светильников

<p>2 Шт.</p> <p>Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701840 Световой поток (Светильник): 1457 lm Световой поток (Лампы): 1457 lm Мощность светильников: 18.1 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 67 89 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,11W 1457,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
<p>65 Шт.</p> <p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	



оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 616

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	131. Подсобное помещение_100 лк	по горизонтали	64 x 32	131	75	167	0.572	0.449
2	132. Слесарный цех_300 лк	по горизонтали	64 x 32	346	218	415	0.630	0.525
3	133. Мойка технологического транспорта_200 лк	по горизонтали	128 x 128	222	108	278	0.486	0.388
4	134. Гараж для уличной техники_75 лк	по горизонтали	32 x 64	96	52	122	0.543	0.426
5	135. Подсобное помещение 100 лк	по горизонтали	16 x 16	129	59	181	0.458	0.327

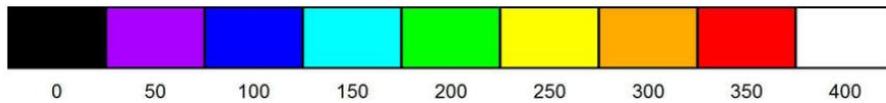
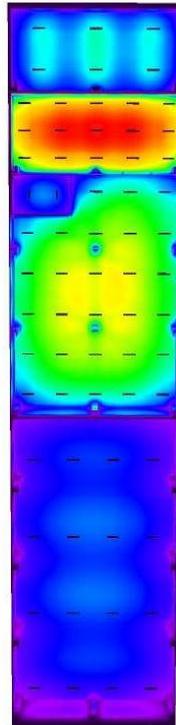
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	5	166	52	415	0.31	0.13



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Фиктивные цвета - визуализация

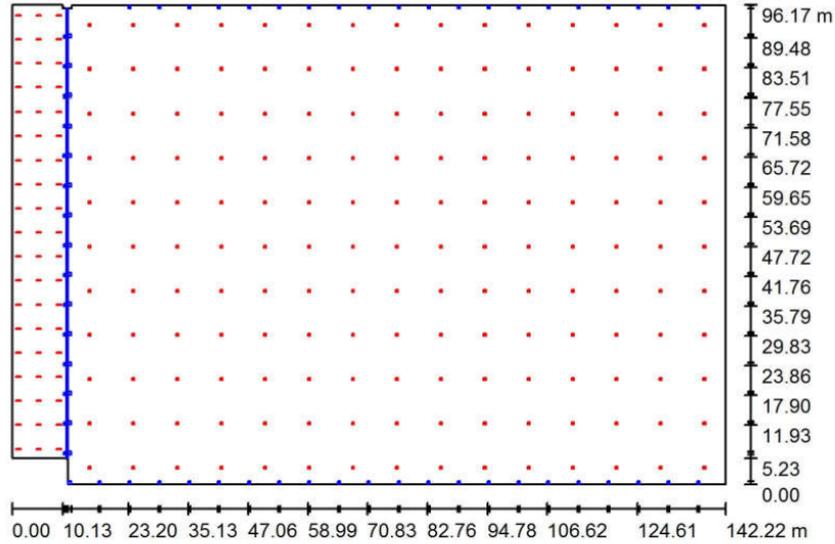


lx



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "1-23" / "А-Д" отм. +0.00 / Резюме



Высота помещения: 6.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:1235

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	210	34	253	0.164
Полы	20	209	23	252	0.108
Потолок	70	40	17	52	0.428
Стенки (58)	50	69	15	166	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краяевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

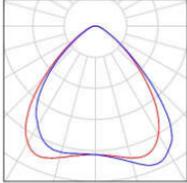
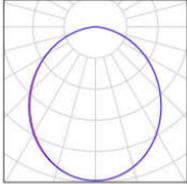
№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	165	Varton V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) LED luminaires OLYMP (1.000)	19025	19026	161.2
2	57	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
Всего:			3300464	Всего: 3300663	28125.0

Удельная подсоединенная мощность: $2.07 \text{ W/m}^2 = 0.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 13603.12 m^2)



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

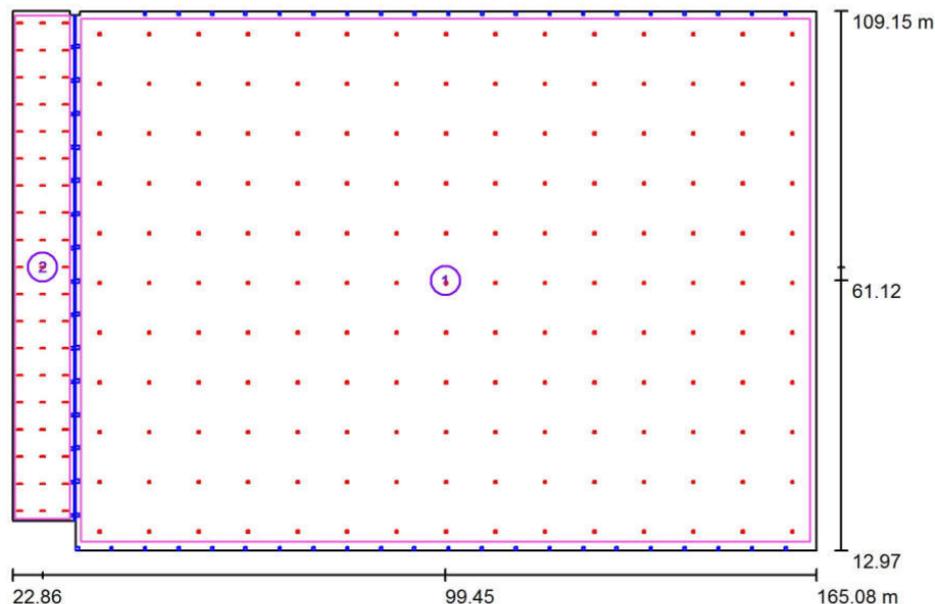
оси "1-23" / "А-Д" отм. +0.00 / Ведомость светильников

<p>165 Шт.</p> <p>Varton V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) LED luminaires OLYMP № изделия: V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) Световой поток (Светильник): 19025 lm Световой поток (Лампы): 19026 lm Мощность светильников: 161.2 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 65 92 98 100 100 Комплектация: 1 x LED module 161,2W 19026lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
<p>57 Шт.</p> <p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "1-23" / "А-Д" отм. +0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 1095

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	137. Склад 200 лк	по вертикали	128 x 128	221	159	254	0.722	0.627
2	136. Навес 100 лк	по вертикали	128 x 128	119	91	158	0.761	0.575

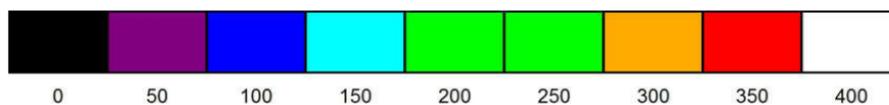
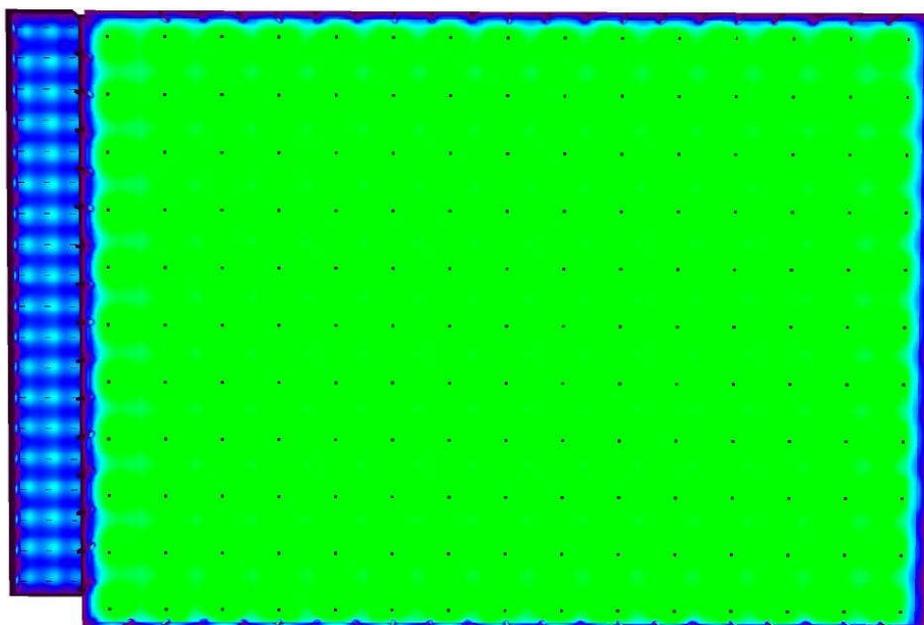
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по вертикали	2	214	91	254	0.42	0.36



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "1-23" / "А-Д" отм. +0.00 / Фиктивные цвета - визуализация

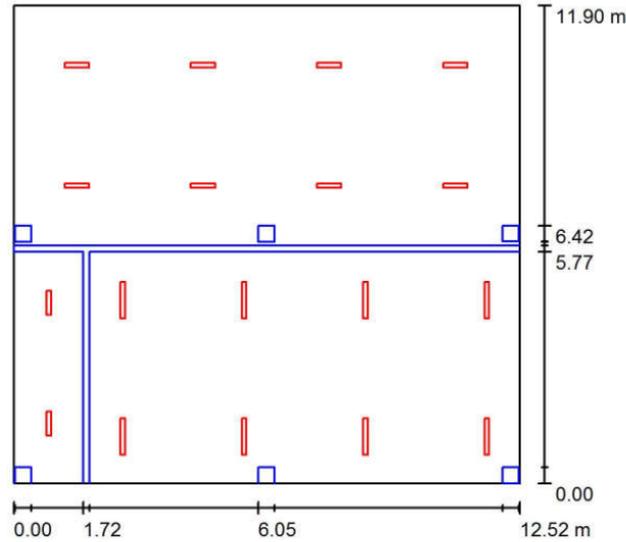


lx



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1" отм +3.30 / Резюме



Высота помещения: 2.700 m, Монтажная высота: 2.700 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:153

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	171	15	339	0.089
Полы	20	143	12	235	0.081
Потолок	70	29	13	73	0.431
Стенки (4)	50	71	9.35	326	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	10	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1.000)	1545	1545	18.3
2	8	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
			Всего: 38100	Всего: 38103	397.2

Удельная подсоединенная мощность: 2.67 W/m² = 1.56 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 148.89 m²)



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

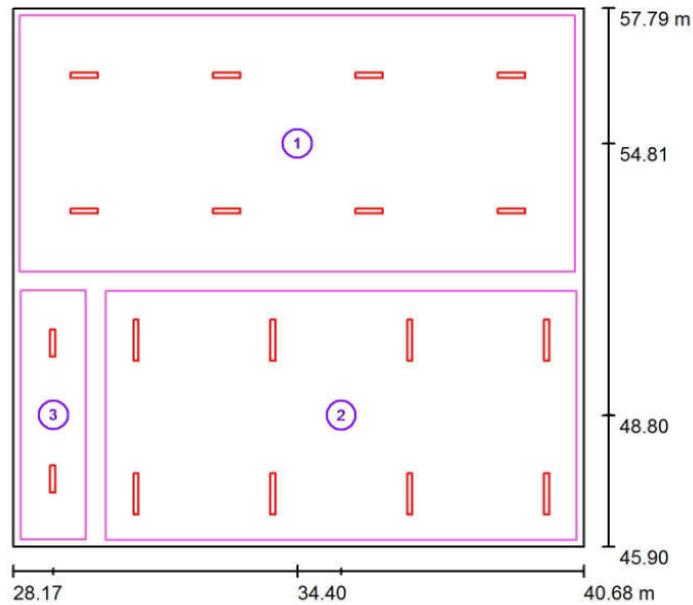
оси "23-25"/"Б/З-В1" отм +3.30 / Ведомость светильников

10 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701865 Световой поток (Светильник): 1545 lm Световой поток (Лампы): 1545 lm Мощность светильников: 18,3 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 63 86 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,29W 1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
8 Шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26,8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1" отм +3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 136

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	224. Кладовая 100 лк	по горизонтали	128 x 64	128	46	212	0.360	0.218
2	225. Помещение ППУ 200 лк	по горизонтали	64 x 32	233	96	328	0.412	0.293
3	226. Коридор 100 лк	по горизонтали	8 x 32	108	77	123	0.708	0.622

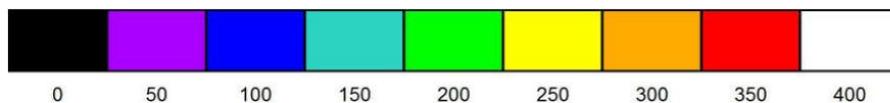
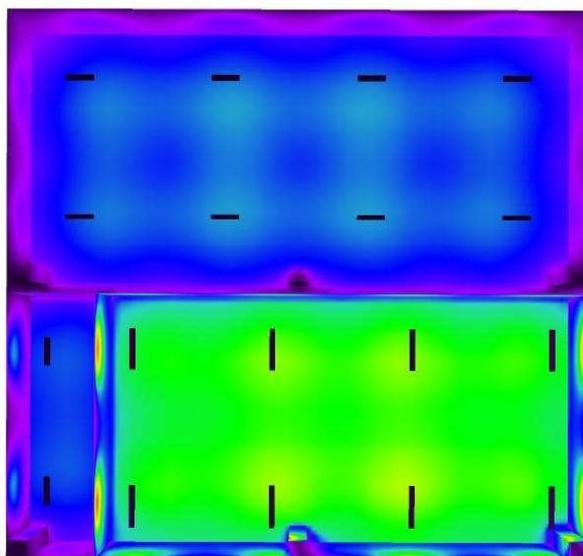
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	3	172	46	328	0.27	0.14



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1" отм +3.30 / Фиктивные цвета - визуализация

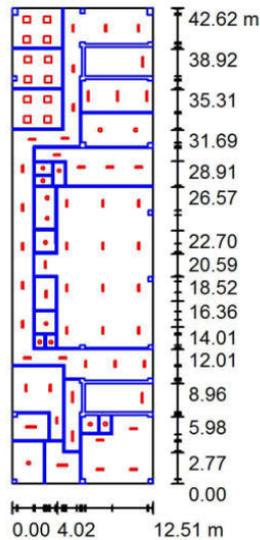


lx



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Резюме



Высота помещения: 3.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:548

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	132	7.27	475	0.055
Полы	20	100	5.18	351	0.052
Потолок	70	18	3.32	72	0.183
Стенки (4)	50	54	5.87	563	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	12	Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE (1.000)	2466	2466	27.7
2	1	Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON (1.000)	1457	1457	18.1
3	41	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1.000)	1545	1545	18.3
4	9	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
5	14	Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL (1.000)	1667	1667	15.5
Всего:			143226	143237	1557.9

Удельная подсоединенная мощность: $2.92 \text{ W/m}^2 = 2.21 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 533.28 m^2)



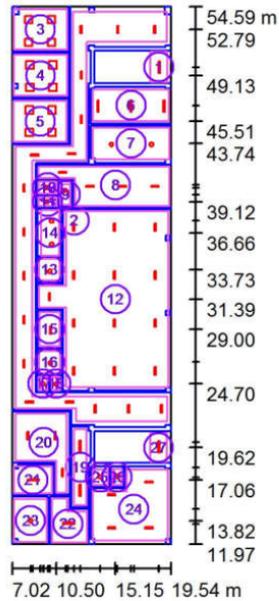
Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Ведомость светильников

12 Шт.	<p>Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-CI00-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE № изделия: V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-CI00-00.2.0007.20 Световой поток (Светильник): 2466 lm Световой поток (Лампы): 2466 lm Мощность светильников: 27.7 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 60 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,65W 2466,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
1 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701840 Световой поток (Светильник): 1457 lm Световой поток (Лампы): 1457 lm Мощность светильников: 18.1 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 67 89 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,11W 1457,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
41 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701865 Световой поток (Светильник): 1545 lm Световой поток (Лампы): 1545 lm Мощность светильников: 18.3 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 63 86 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,29W 1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
9 Шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
14 Шт.	<p>Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL № изделия: V1-U0-00086-21000-6501550 Световой поток (Светильник): 1667 lm Световой поток (Лампы): 1667 lm Мощность светильников: 15.5 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 49 80 96 100 100 Комплектация: 1 x LED module 15,5W 1667,3lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	



оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 485

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	201. Лестничная клетка 100 лк	по горизонтали	4 x 8	106	91	118	0.859	0.768
2	202. Коридор 100 лк	по горизонтали	128 x 128	101	63	135	0.628	0.469
3	203. Кабинет начальника 300 лк	по горизонтали	16 x 16	331	179	443	0.539	0.404
4	204. Кабинет мастера 300 лк	по горизонтали	16 x 16	323	158	439	0.491	0.361
5	205. Кабинет инженера- технолога 300 лк	по горизонтали	16 x 16	327	186	442	0.569	0.422
6	206. Узел ВРУ 200 лк	по горизонтали	32 x 16	202	141	254	0.697	0.555
7	207. Венткамера 50 лк	по горизонтали	32 x 16	89	46	126	0.517	0.366
8	208. Гардеробная женская общего типа 75 лк	по горизонтали	32 x 16	94	49	121	0.516	0.404
9	209. Душевая 50 лк	по горизонтали	4 x 8	80	65	89	0.813	0.735



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)

Список расчетных поверхностей

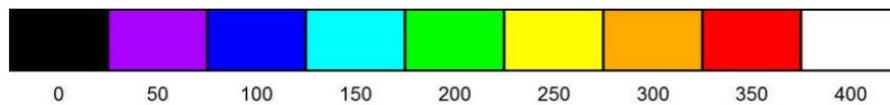
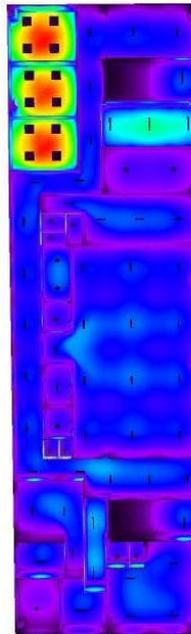
№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
10	210. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 8	81	73	86	0.900	0.854
11	210а. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 4	82	75	85	0.920	0.881
12	211. Гардеробная мужская 75 лк	по горизонтали	64 x 64	100	51	137	0.509	0.370
13	212. Преддушевая 50 лк	по горизонтали	8 x 8	78	64	88	0.820	0.726
14	213. Душевая 50 лк	по горизонтали	8 x 16	112	85	129	0.765	0.661
15	214. Кладовая спецодежды 100 лк	по горизонтали	16 x 16	108	57	145	0.525	0.389
16	215. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 8	77	63	88	0.815	0.719
17	215а. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	85	83	88	0.968	0.943
18	215б. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	86	84	89	0.968	0.943
19	216. Тамбур 100 лк	по горизонтали	8 x 32	125	98	137	0.781	0.710
20	217. Гардеробная спецодежды мужская 75 лк	по горизонтали	32 x 32	92	43	125	0.467	0.343
21	218. Кладовая спецодежды 100 лк	по горизонтали	16 x 16	138	81	196	0.585	0.412
22	219. Преддушевая 75 лк	по горизонтали	16 x 16	89	50	114	0.569	0.441
23	220. Душевая мужская 50 лк	по горизонтали	16 x 16	52	35	66	0.676	0.527
24	221. Гардеробная уличной и домашней одежды 75 лк	по горизонтали	32 x 32	97	47	123	0.485	0.382
25	222. Санузел 75 лк	по горизонтали	8 x 8	83	75	87	0.909	0.864
26	222а. Санузел 75 лк	по горизонтали	4 x 4	83	78	86	0.948	0.911
27	223. Лестничная клетка 100 лк	по горизонтали	8 x 8	105	90	119	0.853	0.756

Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	27	125	35	443	0.28	0.08



оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Фиктивные цвета - визуализация



lx

Приложение Б. Расчет аварийного освещения в ППО DIALux

АО Деревообрабатывающий комбинат

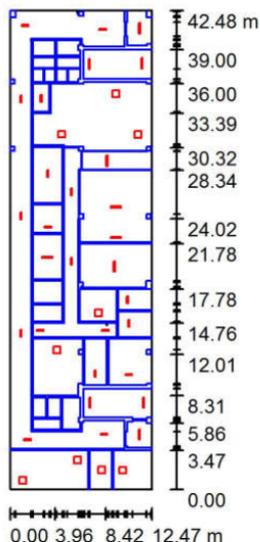


DIALux

28.05.2018

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "В1/Д" / "23-25" / Резюме



Высота помещения: 3.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:546

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	63	1.25	159	0.020
Полы	20	57	0.35	159	0.006
Потолок	70	10	0.24	58	0.023
Стенки (4)	50	32	2.04	337	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

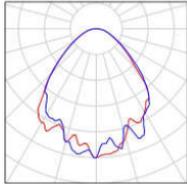
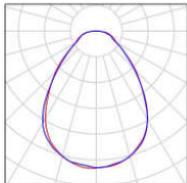
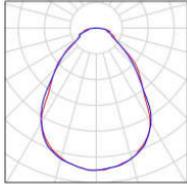
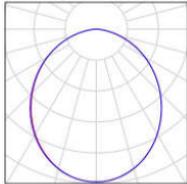
Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	9	Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE (1.000)	2466	2466	27.7
2	13	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1.000)	1545	1545	18.3
3	5	Varton V1-I0-70073-03000-6702740 LED luminaires IRON (1.000)	2329	2330	27.5
4	11	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
Всего:			85071	Всего: 85077	919.0

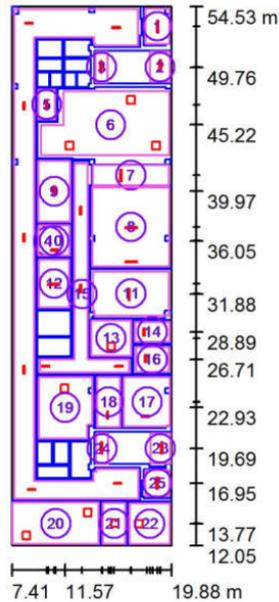
Удельная подсоединенная мощность: $1.73 \text{ W/m}^2 = 2.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 529.96 m²)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "В1/Д" / "23-25" / Ведомость светильников

9 шт.	<p>Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-CI00-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE № изделия: V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-CI00-00.2.0007.20 Световой поток (Светильник): 2466 lm Световой поток (Лампы): 2466 lm Мощность светильников: 27.7 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 60 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,65W 2466,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
13 шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701865 Световой поток (Светильник): 1545 lm Световой поток (Лампы): 1545 lm Мощность светильников: 18.3 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 63 86 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,29W 1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
5 шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6702740 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6702740 Световой поток (Светильник): 2329 lm Световой поток (Лампы): 2330 lm Мощность светильников: 27.5 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 66 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,54W 2329,5lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
11 шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	

оси "В1/Д" / "23-25" / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 484

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	101. Тамбур	по горизонтали	16 x 16	110	85	129	0.771	0.657
2	102. Лестничная клетка	по горизонтали	8 x 8	115	96	131	0.837	0.739
3	102a. Лестничная клетка	по горизонтали	4 x 8	114	99	125	0.869	0.791
4	103. Коридор	по горизонтали	128 x 64	51	3.97	142	0.078	0.028
5	106. Гардеробная уличной одежды	по горизонтали	16 x 16	117	92	133	0.791	0.696
6	107. Обеденный зал	по горизонтали	64 x 32	90	9.44	272	0.104	0.035
7	107a. Раздаточная	по горизонтали	32 x 8	93	15	198	0.159	0.075
8	108. Горячий цех, холодный цех	по горизонтали	32 x 32	87	15	223	0.175	0.068
9	109. Моечная	по горизонтали	16 x 32	79	29	122	0.367	0.238

оси "В1/Д" / "23-25" / Расчетные поверхности (обзор результатов)

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
10	110. Моечная	по горизонтали	16 x 16	96	48	127	0.494	0.373
11	111. Мясо-рыбный цех	по горизонтали	32 x 32	75	19	195	0.246	0.095
12	112. Овощной цех	по горизонтали	16 x 16	117	56	192	0.474	0.288
13	115. Кабинет заведующей	по горизонтали	16 x 16	117	38	211	0.325	0.181
14	116. Моечная	по горизонтали	16 x 16	99	31	150	0.313	0.207
15	117. Коридор	по горизонтали	64 x 128	48	5.29	87	0.110	0.061
16	118. Тамбур	по горизонтали	16 x 16	65	36	83	0.545	0.427
17	119. Кладовая	по горизонтали	32 x 32	55	3.74	142	0.068	0.026
18	120. Помещение холодильников	по горизонтали	8 x 16	54	16	84	0.296	0.190
19	121. Гардеробная	по горизонтали	32 x 32	52	10	115	0.191	0.087
20	126. Кабинет инженера	по горизонтали	32 x 16	113	29	281	0.256	0.103
21	127. Вестибюль	по горизонтали	8 x 16	107	78	139	0.727	0.557
22	128. Кабинет дял приема больных	по горизонтали	16 x 16	107	30	208	0.277	0.142
23	129. Лестничная клетка	по горизонтали	8 x 8	115	98	128	0.852	0.762
24	129а. Лестничная клетка	по горизонтали	4 x 8	113	96	126	0.853	0.767
25	130. Тамбур	по горизонтали	16 x 16	115	94	132	0.812	0.710

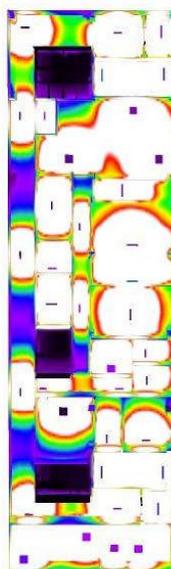
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	25	77	3.74	281	0.05	0.01



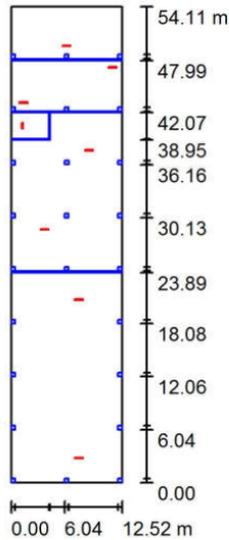
Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "В1/Д" / "23-25" / Фиктивные цвета - визуализация



lx

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Резюме



Высота помещения: 6.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:695

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	17	1.40	112	0.081
Полы	20	17	1.25	113	0.073
Потолок	70	2.46	1.12	5.56	0.455
Стенки (4)	50	6.10	1.01	214	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	1	Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON (1.000)	1457	1457	18.1
2	7	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
			Всего: 21273	Всего: 21275	205.6

Удельная подсоединенная мощность: $0.30 \text{ W/m}^2 = 1.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 677.16 m^2)

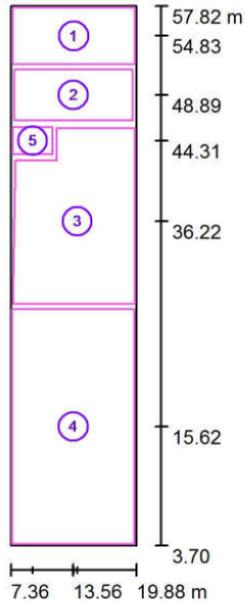


Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Ведомость светильников

1 шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701840 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701840 Световой поток (Светильник): 1457 lm Световой поток (Лампы): 1457 lm Мощность светильников: 18.1 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 67 89 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,11W 1457,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
7 шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	

оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 616

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	131. Подсобное помещение	по горизонтали	128 x 64	23	3.66	102	0.157	0.036
2	132. Слесарный цех	по горизонтали	64 x 32	38	6.03	205	0.160	0.029
3	133. Мойка технологического транспорта	по горизонтали	128 x 128	18	2.39	53	0.132	0.045
4	134. Гараж для уличной техники	по горизонтали	64 x 128	12	2.05	39	0.172	0.053
5	135. Подсобное помещение	по горизонтали	32 x 32	66	7.84	141	0.119	0.055

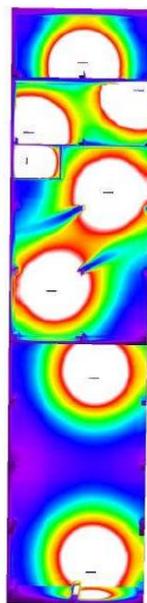
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	5	19	2.05	205	0.11	0.01



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

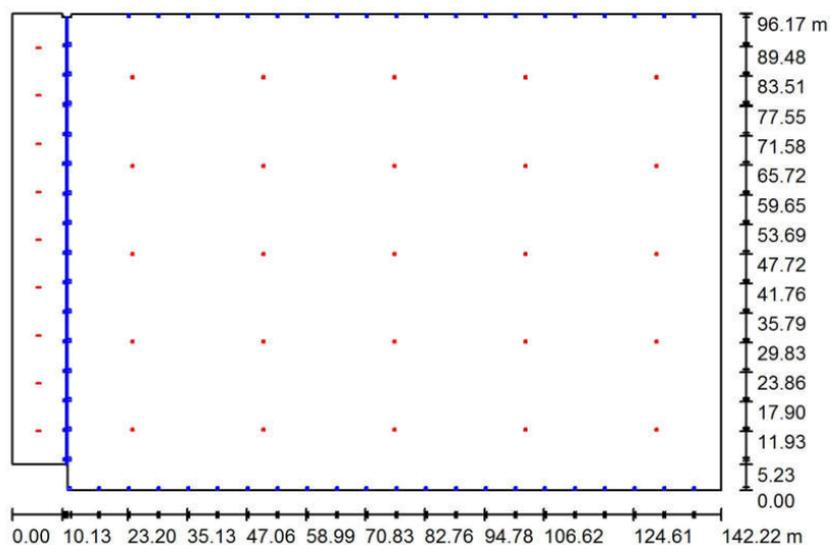
оси "23-25"/"А-В1" +0.00 / Фиктивные цвета - визуализация





Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "1-23" / "А-Д" +0.00 / Резюме



Высота помещения: 6.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Лух, Масштаб 1:1235

Поверхность	ρ [%]	E _{ср} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _{ср}
Рабочая плоскость	/	33	2.17	177	0.065
Полы	20	33	1.96	177	0.059
Потолок	70	6.22	1.58	13	0.253
Стенки (58)	50	4.73	1.33	12	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.000 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	25	Varton V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) LED luminaires OLYMP (1.000)	19025	19026	161.2
2	9	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
			Всего: 501100	Всего: 501130	4271.1

Удельная подсоединенная мощность: 0.31 W/m² = 0.94 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 13603.12 m²)



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

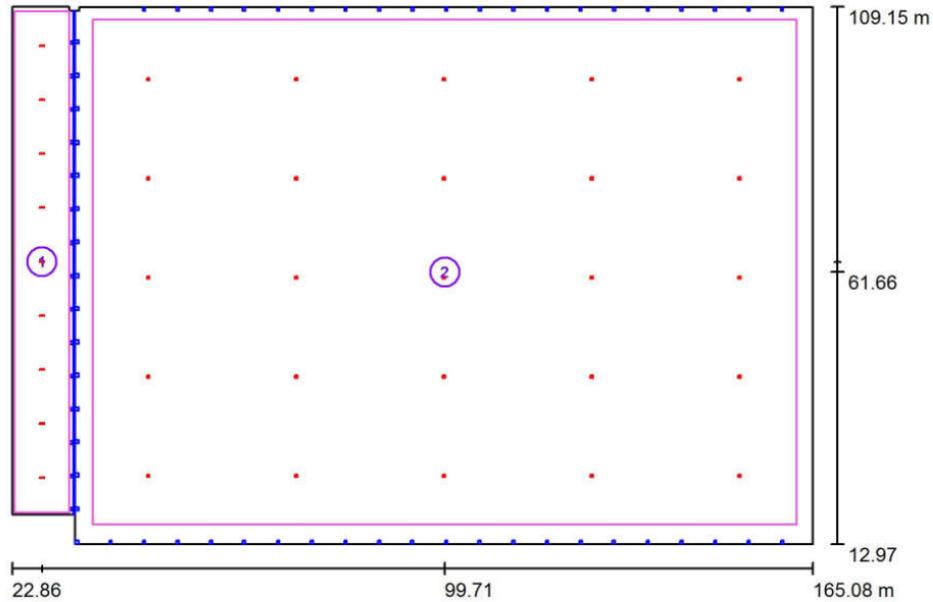
оси "1-23" / "А-Д" +0.00 / Ведомость светильников

25 шт.	<p>Varton V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) LED luminaires OLYMP № изделия: V1-I0-70096-04L06-6518050 (90) Световой поток (Светильник): 19025 lm Световой поток (Лампы): 19026 lm Мощность светильников: 161.2 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 65 92 98 100 100 Комплектация: 1 x LED module 161,2W 19026lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	
9 шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	<p>Изображение светильников дается в фирменном каталоге.</p>	



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "1-23" / "А-Д" +0.00 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 1095

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	136. Навес лк	по горизонтали	128 x 128	23	2.73	102	0.119	0.027
2	137.Склад	по горизонтали	128 x 128	38	4.28	177	0.112	0.024

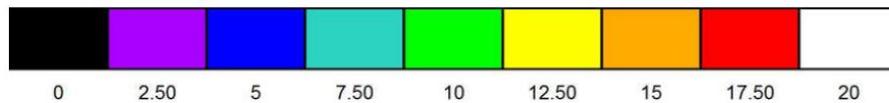
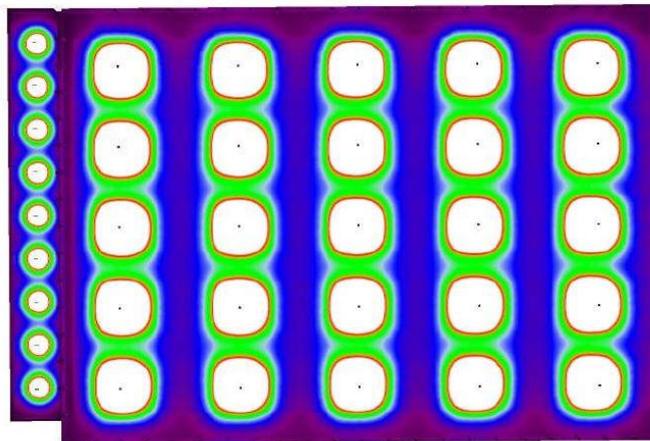
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	2	37	2.73	177	0.07	0.02



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

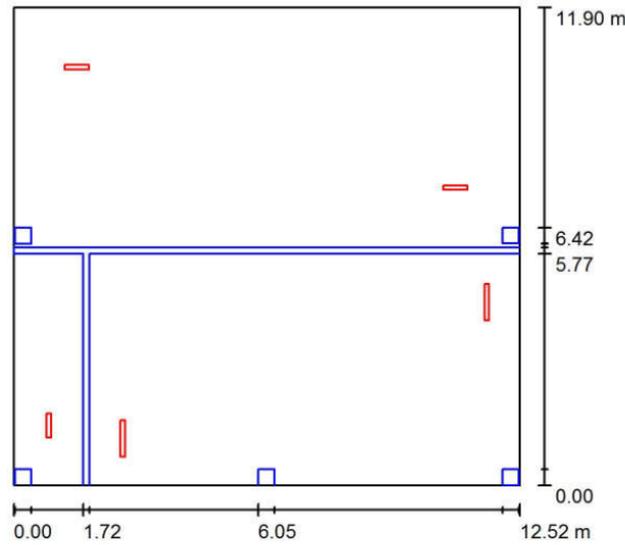
оси "1-23" / "А-Д" +0.00 / Фиктивные цвета - визуализация





Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1"+3.30 / Резюме



Высота помещения: 2.700 m, Монтажная высота: 2.700 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Лух, Масштаб 1:153

Поверхность	ρ [%]	E _{ср} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _{ср}
Рабочая плоскость	/	42	2.59	282	0.061
Полы	20	34	2.88	143	0.084
Потолок	70	7.73	2.63	42	0.340
Стенки (4)	50	24	2.21	299	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краявая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	3	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1,000)	1545	1545	18.3
2	2	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
			Всего: 10298	Всего: 10298	108.5

Удельная подсоединенная мощность: 0.73 W/m² = 1.72 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 148.89 m²)

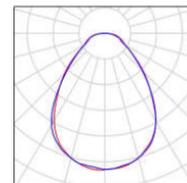


Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1"+3.30 / Ведомость светильников

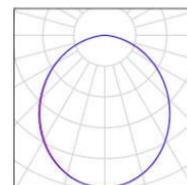
3 Шт. Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED
luminaires IRON
№ изделия: V1-I0-70073-03000-6701865
Световой поток (Светильник): 1545 lm
Световой поток (Лампы): 1545 lm
Мощность светильников: 18.3 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 63 86 97 100 100
Комплектация: 1 x LED module 18,29W
1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).

Изображение
светильников дается в
фирменном каталоге.



2 Шт. Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP
0.9m) LED luminaires IRON 2.0
№ изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0
OP 0.9m)
Световой поток (Светильник): 2831 lm
Световой поток (Лампы): 2831 lm
Мощность светильников: 26.8 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 50 81 97 100 100
Комплектация: 1 x LED module 26,79W
2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).

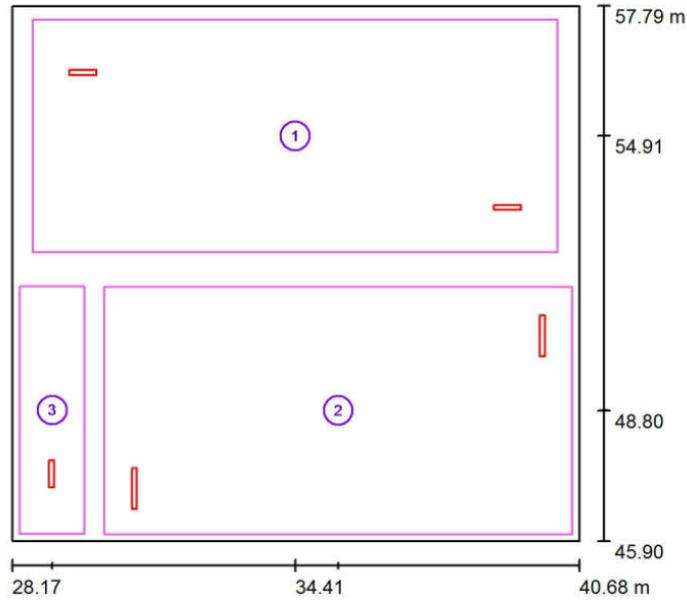
Изображение
светильников дается в
фирменном каталоге.





Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1"+3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 136

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	224. Кладовая	по горизонтали	128 x 64	27	4.95	98	0.186	0.051
2	225. Помещение ППУ	по горизонтали	64 x 32	43	7.89	144	0.183	0.055
3	226. Коридор	по горизонтали	16 x 64	55	7.05	107	0.128	0.066

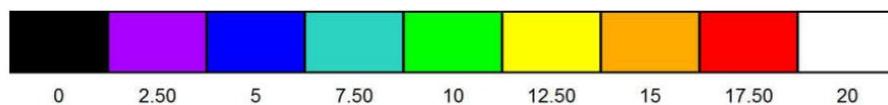
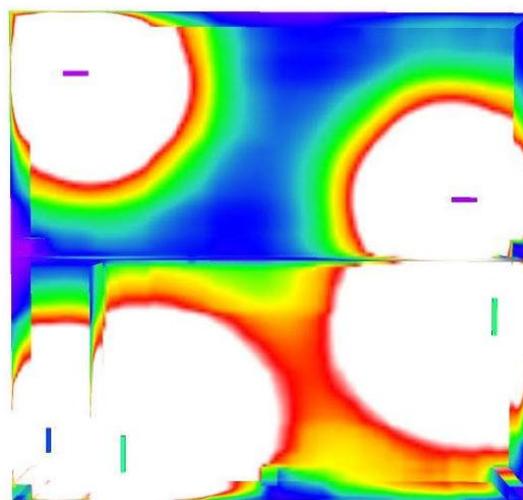
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	3	36	4.95	144	0.14	0.03



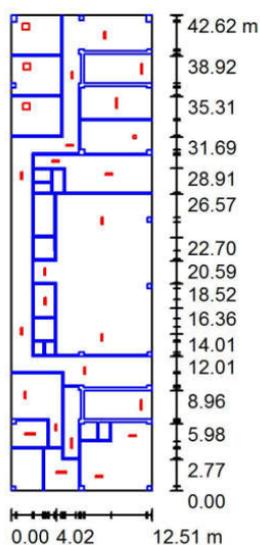
Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/"Б/3-В1"+3.30 / Фиктивные цвета - визуализация



lx

оси "23-25"/ "В1-д" +3.30 / Резюме



Высота помещения: 3.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:548

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
Рабочая плоскость	/	49	0.45	247	0.009
Полы	20	36	0.47	135	0.013
Потолок	70	6.47	0.40	49	0.063
Стенки (4)	50	22	0.33	243	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	3	Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE (1.000)	2466	2466	27.7
2	16	Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON (1.000)	1545	1545	18.3
3	6	Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 (1.000)	2831	2831	26.8
4	1	Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL (1.000)	1667	1667	15.5
			Всего: 50776	Всего: 50780	551.8

Удельная подсоединенная мощность: $1.03 \text{ W/m}^2 = 2.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 533.28 m^2)

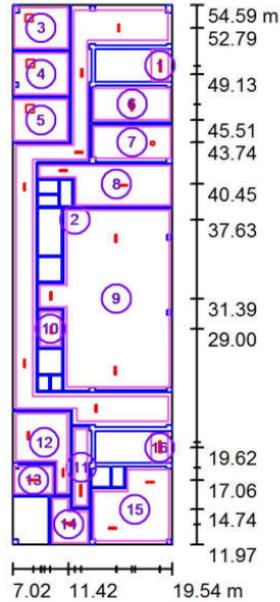


Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Ведомость светильников

3 Шт.	<p>Varton V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 LED luminaires OFFICE № изделия: V1-A0-00070-01000-2002730 + V2-A0-C100-00.2.0007.20 Световой поток (Светильник): 2466 lm Световой поток (Лампы): 2466 lm Мощность светильников: 27.7 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 60 88 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 27,65W 2466,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
16 Шт.	<p>Varton V1-I0-70073-03000-6701865 LED luminaires IRON № изделия: V1-I0-70073-03000-6701865 Световой поток (Светильник): 1545 lm Световой поток (Лампы): 1545 lm Мощность светильников: 18.3 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 63 86 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 18,29W 1545,4lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
6 Шт.	<p>Varton V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) LED luminaires IRON 2.0 № изделия: V1-I0-70157-03G02-6702840 (2.0 OP 0.9m) Световой поток (Светильник): 2831 lm Световой поток (Лампы): 2831 lm Мощность светильников: 26.8 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 50 81 97 100 100 Комплектация: 1 x LED module 26,79W 2831,1lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
1 Шт.	<p>Varton V1-U0-00086-21000-6501550 LED luminaires RESIDENTIAL № изделия: V1-U0-00086-21000-6501550 Световой поток (Светильник): 1667 lm Световой поток (Лампы): 1667 lm Мощность светильников: 15.5 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 49 80 96 100 100 Комплектация: 1 x LED module 15,5W 1667,3lm (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)



Масштаб 1 : 485

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	201. Лестничная клетка	по горизонтали	8 x 16	105	88	117	0.836	0.753
2	202. Коридор	по горизонтали	128 x 128	36	2.80	85	0.078	0.033
3	203. Кабинет начальника	по горизонтали	16 x 16	85	13	204	0.157	0.065
4	204. Кабинет мастера	по горизонтали	16 x 16	82	11	201	0.138	0.057
5	205. Кабинет инженера-технолога	по горизонтали	16 x 16	82	12	201	0.147	0.060
6	206. Узел ВРУ	по горизонтали	32 x 16	83	22	188	0.262	0.116
7	207. Венткамера	по горизонтали	32 x 16	45	5.51	114	0.123	0.048
8	208. Гардеробная женская общего типа	по горизонтали	64 x 32	43	7.90	84	0.184	0.094
9	211. Гардеробная мужская	по горизонтали	64 x 64	22	3.32	83	0.151	0.040



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Расчетные поверхности (обзор результатов)

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
10	214. Кладовая спецодежды	по горизонтали	16 x 16	107	55	145	0.516	0.382
11	216. Тамбур	по горизонтали	8 x 32	62	11	117	0.173	0.092
12	217. Гардеробная спецодежды мужская	по горизонтали	32 x 32	55	16	85	0.281	0.183
13	218. Кладовая спецодежды	по горизонтали	16 x 16	140	83	196	0.592	0.422
14	219. Преддушевая	по горизонтали	16 x 16	89	51	113	0.579	0.454
15	221. Гардеробная уличной и домашней одежды	по горизонтали	32 x 32	49	11	83	0.215	0.127
16	223. Лестничная клетка	по горизонтали	8 x 8	106	89	118	0.846	0.755

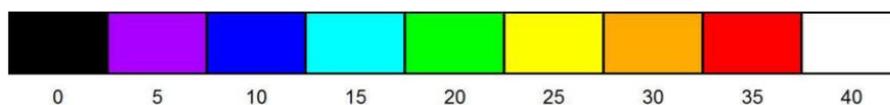
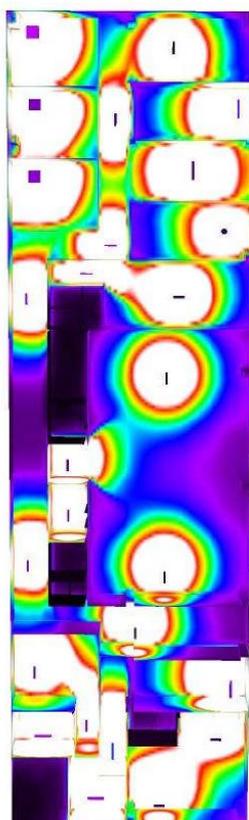
Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по горизонтали	16	47	2.80	204	0.06	0.01



Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

оси "23-25"/ "В1-Д" +3.30 / Фиктивные цвета - визуализация



lx