

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение общественно-административного здания г. Куляб Республики
Таджикистан

Обучающийся

Э.Ш. Тойчибаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.филол.н., доцент С.Ю.Мамушкина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Представлены результаты проектирования системы электроснабжения общественно-административного здания, расположенного в г. Куляб Республики Таджикистан.

На первом этапе представлена краткая характеристика общественно-административного здания и определены его параметры необходимые для выполнения цели выпускной квалификационной работы.

Представлен подробный расчет перспективных электрических нагрузок по силовой части, розеточной сети, а также систем внутреннего и наружного освещения. Расчет силовых нагрузок выполнен на основании расчета мощности системы электрического отопления и горячего водоснабжения объекта. В результате расчетов получено, что полная мощность нагрузок общественно-административного здания составила $S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 94,31$ (кВА), при этом реактивная мощность составила $Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 47,1$ (квар), а активная $P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 81,33$ (кВт).

С учетом величин перспективных электрических нагрузок выполнен выбор оборудования внутренней распределительной сети объекта. Для питания системы электроснабжения объекта спроектирована двух трансформаторная подстанция с трансформаторами марки ТМГ(Ф)СЭЩ-250/6/0,4. Подстанция обеспечивает питание не только объекта выпускной квалификационной работы, но и близлежащих зданий.

Пояснительная записка состоит из 51 страницы, 6 рисунков и 14 таблиц.

Abstract

The final graduation work thesis presents the results of power supply system design for a public and administrative building located in the city of Kulyab, Republic of Tajikistan.

The final graduation work thesis object is a public and administrative building. The goal is a power supply system design with accordance to object type and its location.

At the first stage, a brief description of the public and administrative building is presented and its parameters necessary for achieving the goal of the final qualification work are determined.

The second stage presents the detailed calculation of the prospective electrical loads for the power section, socket network, as well as internal and external lighting systems is presented. The power loads calculation are based results of an electric heating and hot water supply system capacity calculation. As results of a second stage are the total power value 94.31 (kVA), the active power value 81.33 (kW) and the reactive power 47.1 (kVAr).

The third stage dedicated for electrical equipment selection for an object power supply system with taking into account the values of the prospective electrical loads from a second stage. The results of a third stage is a list of electrical equipment for the internal distribution grid of the facility.

The fourth stage dedicated to design the external power the facility's power supply system. The power center as a two-transformer substation with TMG(F)SESH-250/6/0.4 transformers was designed. The substation provides power not only to the facility of the final qualification work, but also for nearby buildings. The explanatory note consists of 51 pages, 5 figures and 14 tables.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика и функции общественно-административного здания, расположенного в г. Куляб Республики Таджикистан.....	8
2 Выбор источников электрического отопления общественно-административного здания.....	13
3 Расчет перспективных электрических нагрузок здания.....	18
3.1 Перспективные электрические нагрузки силовых электроприемников	18
3.2 Перспективные электрические нагрузки розеточной сети	23
4 Система освещения.....	26
4.1 Система внутреннего освещения.....	26
4.2 Система уличного освещения	32
5 Схема внутреннего электроснабжения	36
6 Схема внешнего электроснабжения здания.....	41
Заключение.....	46
Список используемой литературы и используемых источников.....	49

Введение

Урбанизация стран – развитие городов, является общемировой тенденцией. В настоящее время по данным Организации Объединенных Наций (ООН) почти 50% мирового населения приходится на городских жителей и по прогнозам ООН к 2050 году число городских жителей возрастет до 70%.

Для Республика Таджикистан характерно, что основное число жителей, более 70% проживают в населенных пунктах, расположенных на высотах до 1000 м над уровнем моря. К таким населенным пунктам относятся города, поселки и сельские поселения. Около 25% населения Республики Таджикистан проживают в средневысотных, от 1000 до 2000 м над уровнем моря, сельских населенных пунктах. Только 5% от общего населения Республики Таджикистан проживают в сельских населенных пунктах, расположенных на высотах более 2000 м над уровнем моря - горные регионы Республики Таджикистан.

В Республике Таджикистан насчитываются 17 больших и средних городов, 57 поселков городского типа и более 3900 сельских поселений. Соотношение городского и сельского населения в Республике Таджикистан неравномерно. Только 27% от общего числа жителей Республики Таджикистан проживают в городах. Низкий уровень урбанизации в Республике Таджикистан обусловлен территориальными особенностями, а именно большой площадью территорий, отнесенных к горной местности.

К высоко урбанизированным городам Республики Таджикистан относятся:

- г. Душанбе с населением 1,565 млн. жителей;
- г. Ходжет с населением 198,7 тыс. жителей;
- г. Куляб с населением 105,8 тыс. жителей;
- г. Гиссар с населением 32,1 тыс. жителей;
- г. Пенджикент с населением 47,8 тыс. жителей;

– г. Истаравшан с населением 64,3 тыс. жителей.

Развитие инфраструктуры городов и увеличение числа городских жителей требует предъявлять повышенные требования к общественно-административным зданиям [23]. Существующие общественно-административные здания уже не удовлетворяют современным требованиям и нормам и должны проходить капитальную реконструкцию с увеличением площади и заменой внутренних и внешних коммуникаций.

Кроме того, при проведении реконструкций общественно-административных зданий необходимо учитывать рост потребляемых энергетических ресурсов с обеспечением требуемого уровня надежности их предоставления [6].

Специфика деятельности общественно-административных зданий, в которых размещаются, в том числе и государственные организации, характеризуется отсутствием высокоэнергоёмких производственных механизмов и сконцентрированных электрических нагрузок. Основные потребители электрической энергии распределены по всей площади общественно-административного здания [24]. Однако, при проектировании внутренних и внешних энергетических сетей необходимо рассматривать специфику региона размещения зданий, в частности климатические зоны и наличие требований по отоплению и кондиционированию в совокупности с наличием внешних источников теплоснабжения и снабжения горячей водой. При отсутствии возможности подключения к внешним сетям теплоснабжения и горячего водоснабжения необходимо закладывать в проекты реконструкции общественно-административных зданий дополнительные требования по мощности электроснабжения.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проектных решений по обеспечению электроснабжения общественно-административного здания в г. Куляб, Республики Таджикистан после проведения его масштабной реконструкции.

Задачи требующие решения для достижения поставленной цели:

- проанализировать общественно-административное здание, а именно его расположение, планировку и технологических потребителей электрической энергии;
- выполнить расчет электрических нагрузок общественно-административного здания и определить расчетные активную, реактивную и полную мощности;
- выбрать оборудование источника питания для проектируемой системы электроснабжения общественно-административного здания;
- выполнить выбор электротехнического оборудования системы электроснабжения общественно-административного здания с учетом рассчитанных электрических нагрузок и значений токов короткого замыкания.

При выполнении задач выпускной квалификационной работы и достижении поставленной цели необходимо использовать современные методики проектирования систем электроснабжения общественно-административных зданий, а также специфику объекта выпускной квалификационной работы и регион его размещения.

1 Характеристика и функции общественно-административного здания, расположенного в г. Куляб Республики Таджикистан

Объект выпускной квалификационной работы – общественно-административное здание, является городским дворцом бракосочетания.

Система электроснабжения городского дворца бракосочетаний проектируется в связи с проведением его капитальной реконструкции. В процессе реконструкции вносятся изменения в планирование территории участка размещения объекта, а также планировочные изменения здания.

При реконструкции городского дворца бракосочетаний выполняется полная реконструкция фасада здания. На рисунке 1 показана перспектива фасадов объекта после реконструкции.



Рисунок 1 - Перспектива фасадов городского дворца бракосочетаний после реконструкции

Здание реконструируемого дворца бракосочетаний включает в себя два этажа и подвальное помещение. Располагается городской дворец бракосочетания в г. Куляб на пересечении улицы проспект Исмоила Сомони и улицы Худоёра Назарова.

На первом этаже размещается торжественный зал для проведения церемоний бракосочетания. В подвальном помещении располагаются архивные комнаты и помещение электрощитовой. Подробная экспликация помещений городского дворца бракосочетаний представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Экспликация помещений объекта

Этаж здания	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²	Высота помещения, м	Расчетный внутренний объем помещения, м ³
Подвал	Насосная	41,1	2,35	58,985
	Помещение архива 1	84,48		198,528
	Помещение электрощитовой	7,93		20,9855
	Помещение архива 2	582,71		1067,37
	Лестничная клетка	16,96		39,856
	Общее по подвалу	589,67		1385,7245
Первый этаж	Лестничная клетка	16,96	4,75	80,56
	Комната охранника	3,92		18,62
	Санитарный узел	8,80		41,8
	Приемная руководителя	8,80		41,8
	Кабинет руководителя	27,30		129,675
	Коридор	25,65		121,8375
	Зал проведения торжеств	212,58		1009,755
	Комната жениха	36,24		172,14
	Комната невесты	36,24		172,14
	Коридор	10,11		48,0225
	Коридор	10,11		48,0225
	Тамбур входа	27,63		131,2425
	Холл ожидальня	89,34		424,365

Продолжение таблицы 1

Этаж здания	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²	Высота помещения, м	Расчетный внутренний объем помещения, м ³
Первый этаж	Тамбур выхода	27,63	4,75	131,2425
	Лестничная клетка	25,84		122,74
	Лестничная клетка	25,84		122,74
	Общее по первому этажу	592,99		2816,7025
Второй этаж	Лестничная клетка. Коридор	55,95	4,0	223,8
	Санитарный узел	8,80		35,2
	Санитарный узел	8,80		35,2
	Бухгалтерия	23,30		93,2
	Кабинет нотариуса	40,64		162,56
	Кабинет руководителя	40,64		162,56
	Комната отдыха персонала	28,42		113,68
	Комната приема заявлений	34,59		138,36
	Комната приема заявлений	34,59		138,36
	Помещение архива	28,21		112,84
	Холл	237,47		949,88
	Лестничная клетка	25,84		103,36
	Лестничная клетка	25,84		103,36
	Балкон	-		-
	Балкон	-		-
Общее по второму этажу	-	-	2372,36	
Общее по зданию		1775,75	-	6574,787

Число сотрудников общественно-административного здания 20 человек
 Максимально возможное число посетителей торжественной регистрации
 бракосочетания не более 40 человек. Расчетное число посетителей в
 максимальный час 18 человек.

Электроснабжение реконструируемого городского дворца бракосочетаний запланировано выполнить от собственной трансформаторной подстанции. Трансформаторная подстанция должна обеспечивать требуемый уровень надежности электроснабжения потребителей. Питание сторонних потребителей от трансформаторной подстанции не планируется. Трансформаторную подстанцию необходимо разместить на территории общественно-административного здания. Мощность и число трансформаторов будут определены в процессе выполнения выпускной квалификационной работы.

Здание реконструируемого дворца бракосочетаний планируется подключить к центральной сети холодного водоснабжения. Горячее водоснабжение и отопление здания планируется выполнить электронагревательными приборами мощности и расположение которых определятся на стадии выполнения проекта электроснабжения.

Для региона размещения объекта выпускной квалификационной работы – городского дворца бракосочетания характерно жаркое и засушливое лето и холодной снежной зимой. Среднегодовая температура не выходит за пределы от 1°С до 39 °С. При этом в зимнее время температура наружного воздуха для определения параметров и мощности системы отопления принимается –10,2°С, а для системы вентиляции задания –2°С. Материал внешних ограждающих конструкций пенобетон с минеральным утеплителем с общей толщиной 0,2 м и тепловым сопротивлением $R_{\text{мат}} = 0,48 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} \right)$.

Для питания проектируемой системы электроснабжения может быть использована существующая подстанция 110/6 кВ «Сомони», которая расположена на расстоянии около 400 метров от объекта выпускной квалификационной работы. На подстанции 110/6 кВ «Сомони» после реконструкции установлено два силовых трансформатора мощностью 25 МВА каждый.

Выводы по разделу.

Представлена характеристика общественно-административного здания – городского дворца бракосочетаний, расположенного на пересечении улицы проспект Исмоила Сомони и улицы Худоёра Назарова в г. Куляб Республики Таджикистан.

Представлена подробная экспликация помещений первого и второго этажей, а также подвального помещения городского дворца бракосочетаний.

Определено, что при проектировании системы электроснабжения необходимо выполнить выбор отопительных приборов, а также приборов нагрева холодной воды, так как здание городского дворца бракосочетаний не планируется подключать к магистральным сетям теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Определено, что в четырехстах метрах от городского дворца бракосочетаний расположена районная подстанция «Сомони» с классом напряжения силовых трансформаторов 110 кВ и 6 кВ. На районной подстанции установлено два силовых трансформатора номинальной мощностью 25 МВА каждый. Районная подстанция «Сомони» может быть использована в проекте электроснабжения как центр питания для проектируемой системы электроснабжения городского дворца бракосочетаний.

Для общественно-административного здания определены параметры помещений подвала, первого этажа и второго этажа. Общая площадь общественно-административного здания 1775,75 (м²), а общий внутренний объем общественно-административного здания 6574,787 (м³).

2 Выбор источников электрического отопления общественно-административного здания

В первом разделе выпускной квалификационной работы определено, что в общественно-административном здании отсутствует централизованное отопление и горячее водоснабжение. Поэтому для общественно-административного здания необходимо выполнить выбор типа и мощности электрических отопительных приборов, а также установок нагрева воды [19].

Расчетное число посетителей с учетом сотрудников общественно-административного здания в максимальные сутки составляет 78 человек. Исходя из этого значения необходимо определить расчетное потребление горячей воды для последующего выбора электрических накопительных водонагревателей.

Расчетное значения суточного потребления горячей воды для максимальных суток составляет:

$$V_{\text{макс.ГВС}} = n_{\text{пос.}} \cdot q_{\text{ГВС}} \quad (1)$$

где $n_{\text{пос.}}$ – число посетителей общественно-административного здания, шт.;

$q_{\text{ГВС}}$ – нормируемое значение суточного потребления горячей воды для общественно-административного здания, $\frac{\text{л}}{\text{сут.}\cdot\text{чел.}}$.

Для рассматриваемого общественно-административного здания максимальное число посетителей $n_{\text{пос.}} = 78$ (человек), а нормируемое суточное потребление горячей воды $q_{\text{ГВС}} = 2,6 \frac{\text{л}}{\text{сут.}}$ на одного посетителя. Тогда с учетом исходных данных по (1) получим:

$$V_{\text{макс.ГВС}} = n_{\text{пос.}} \cdot q_{\text{ГВС}} = 78 \cdot 2,6 = 202,8 \left(\frac{\text{л}}{\text{сут.}} \right)$$

Для общественно-административных зданий, не подключенных к централизованным системам горячего водоснабжения, температура горячей воды в точке водоразбора не должна быть ниже $t_{ГВС.ВД} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$. При этом температура поступающей воды из системы холодного водоснабжения принимается $t_{ХВС} = 7 \text{ }^\circ\text{C}$. Тогда с учетом расчетного суточного максимального потребления воды пропеченного по (1) $V_{\text{макс.ГВС}} = 202,8 \left(\frac{\text{л}}{\text{сут.}} \right)$ объем требуемого накопительного водонагревателя составит:

$$V_{\text{нак.ГВС}} = V_{\text{макс.ГВС}} \cdot \frac{t_{\text{ГВС.ВД}} - t_{\text{ХВС}}}{t_{\text{ГВС.нагр}} - t_{\text{ХВС}}} = 202,8 \cdot \frac{50 - 7}{95 - 7} = 99,1 \left(\frac{\text{л}}{\text{сут.}} \right)$$

Исходя из того, что в общественно-административном здании имеются санитарные узлы на первом и втором этажах к установке примем два накопительных водонагревателя по 50 л каждый. Параметры водонагревателей, необходимые для расчета перспективных электрических нагрузок представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры накопительного водонагревателя

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Обозначение параметра	Значение параметра
Модель водонагревателя	-	-	Ariston VELIS
Номинальная мощность	Вт	$P_{\text{ном.ВН}}$	1500
Коэффициент активной мощности	-	$\cos \varphi$	0,98
Коэффициент спроса	-	$K_{\text{спроса.ВН}}$	1,0

Также для общественно-административного здания необходимо выполнить выбор отопительных приборов, так как в здании отсутствует система централизованного теплоснабжения. В качестве отопительных приборов предлагается использовать электрические конвекторы, устанавливаемые в помещениях и кабинетах организации. Для расчета

перспективных электрических нагрузок необходимо укрупненно определить требуемую мощность, тип, параметры электрических конвекторов отопления.

Для определения мощности системы отопления необходимо использовать данные таблицы 1, а также параметры климата для региона размещения общественно-административного здания, представленные в разделе 1 выпускной квалификационной работы.

Для выбора мощности электрических конвекторов необходимо определить мощность теплопотерь здания при условиях, что расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{нар.}} = -10,2^{\circ}\text{C}$, температура внутри помещений общественно-административного здания $t_{\text{внутр.}} = 23^{\circ}\text{C}$. Площади помещений здания определены в таблице 1. Для помещений тепловое сопротивление внутренних стен принимается $R_{\text{внутр.}} = 0,115 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}\right)$, наружных стен $R_{\text{нар.}} = 0,043 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}\right)$, а термическое сопротивление материала стен определено в первом разделе выпускной квалификационной работы $R_{\text{мат.}} = 0,48 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}\right)$. Тогда с учетом принятых значений для помещения архива расположенном на втором этаже здания с $S_{\text{пом.}} = 28,2 \text{ (м}^2\text{)}$ – согласно данным таблицы 1 получим, что расчетные теплопотери в наиболее холодные расчетные сутки составят:

$$\Delta Q_{\text{пом.}} = \frac{t_{\text{внутр.}} - t_{\text{нар.}}}{R_{\text{нар.}} + R_{\text{мат.}} + R_{\text{внутр.}}} \cdot S_{\text{пом.}}$$
$$\Delta Q_{\text{пом.}} = \frac{23 - (-10,2)}{0,043 + 0,48 + 0,115} \cdot 28,2 = 1986,32 \text{ (Вт)}$$

Мощность приборов отопления должна полностью компенсировать теплопотери помещения, поэтому для полученного значения для помещения архива на втором этаже здания $\Delta Q_{\text{пом.}} = 1986,32 \text{ (Вт)}$ необходимо установить два электрических конвектора с мощностью 1000 Вт каждый.

Для всех остальных помещений общественно-административного здания выбор мощности отопительных приборов производится аналогично помещению архива на втором этаже. Однако при расчете мощности системы отопления других помещений учитывается наличие внешних ограждающих конструкций, так как некоторые помещения не имеют наружной стены. Результаты расчета мощности отопительных приборов представлены в таблице 3. Для подвальных помещений, зала проведения торжеств расчет системы отопления не выполняется.

Таблица 3 - Результаты расчета мощности электроотопительных приборов

Этаж здания	Наименование помещения	$S_{\text{пом.}}$, м ²	$\Delta Q_{\text{пом.}}$, (Вт)	$Q_{\text{пом.}}$, (Вт)	$n_{\text{ЭК.}}$, шт.	$P_{\text{ЭК.}}$, Вт
Первый этаж	Санитарный узел	8,8	495,3364	500	1	500
	Приемная руководителя	8,8	495,3364	500	1	500
	Кабинет руководителя	27,3	1867,691	2000	2	1000
	Коридор	25,65	722,941	750	1	750
	Комната жениха	36,24	3881,067	4000	2	2000
	Комната невесты	36,24	3881,067	4000	2	2000
	Коридор	10,11	880,5626	1000	1	1000
	Коридор	10,11	880,5626	1000	1	1000
	Тамбур входа	27,63	2886,642	3000	2	1500
	Холл ожидальня	89,34	2450,313	2500	2	1250
	Тамбур выхода	27,63	2886,642	3000	2	1500
Второй этаж	Лестничная клетка. Коридор	55,95	912,906	1000	1	1000
	Санитарный узел	8,8	495,3364	500	1	500
	Санитарный узел	8,8	495,3364	500	1	500
	Бухгалтерия	23,3	2837,993	3000	2	1500
	Кабинет нотариуса	40,64	745,26	750	1	750
	Кабинет руководителя	40,64	745,26	750	1	750
	Комната отдыха персонала	28,42	1832,007	2000	2	1000
	Комната приема заявлений	34,59	745,26	750	1	750
	Комната приема заявлений	34,59	745,26	750	1	750
	Помещение архива	28,21	1986,2	2000	2	1000
	Холл	237,47	10236,62	10500	6	1750
	Балкон	25,84	1649,2	1750	1	1750
	Балкон	25,84	1649,2	1750	1	1750

По результатам расчета мощности электроотопительных приборов к установке приняты электроотопительные приборы с номинальными мощностями от 500 Вт до 2000 Вт. Согласно данным расчета и полученных

номинальных мощностей принимаем к установке электроотопительные приборы марки STIEBEL ELTRON. Параметры отопительных приборов представлены в таблице 4.

Таблица 4 -Параметры выбранных электрических конвекторов отопления

Параметры	Обозначение параметра	Stiebel Eltron						
		CNS 50 Trend M	CNS 75 Trend M	CNS 100 Trend M	CNS 125 Trend M	CNS 150 Trend M	CNS 175 Trend M	CNS 200 Trend M
Обозначение электрического конвектора	-	ЭК-500	ЭК-750	ЭК-1000	ЭК-1250	ЭК-1500	ЭК-1750	ЭК-2000
Номинальная мощность электрического конвектора, кВт	$P_{\text{ном.ЭК}}$	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Коэффициент активной мощности	$\cos \varphi$	0,85						
Коэффициент спроса	$K_{\text{спроса.ЭК}}$	1,0						

Выводы по разделу.

Выполнен предварительный выбор мощности и типа накопительных водонагревателей для системы горячего водоснабжения общественно-административного здания.

Выполнен предварительный выбор типа, мощности и числа отопительных приборов – электрических конвекторов.

Результаты раздела необходимы для определения перспективных электрических нагрузок общественно-административного здания.

3 Расчет перспективных электрических нагрузок здания

Для разработки проекта электроснабжения общественно-административного здания необходимо выполнить расчет перспективных электрических нагрузок с учетом условий, определенных в первом разделе выпускной квалификационной работы. Перспективные электрические нагрузки включает в себя нагрузки розеточной сети, нагрузки системы освещения, нагрузки силовых электрических приемников [5]. При определении электрических нагрузок выполняется расчет активной, реактивной и полной мощностей, а также итоговые – суммарные значения мощностей [21]. Кроме того, для электроприемников необходимо определить расчетные значения тока. В рамках третьего раздела определяются перспективные нагрузки силовых электроприемников, а также перспективные нагрузки розеточной сети общественно-административного здания.

3.1 Перспективные электрические нагрузки силовых электроприемников

Расчетная активная мощность:

$$P_{\text{расч.ЭП.}i} = P_{\text{ном.ЭП.}i} \cdot K_{\text{спрос.}i} \quad (2)$$

где $P_{\text{ном.ЭП.}i}$ – номинальная мощность i -го электроприемника, кВт;

$K_{\text{спрос.}i}$ – коэффициент спроса i -го электроприемника.

По расчетному значению (2) определяется расчетное значение тока:

$$I_{\text{расч.ЭП.}i} = \frac{P_{\text{расч.ЭП.}i}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.сети}} \cdot \cos \varphi_i} \quad (3)$$

где $U_{\text{ном.сети}}$ – номинальное напряжение питания электроприемника, кВ;

$\cos \varphi_i$ – коэффициент активной мощности i -го электроприемника.

Коэффициент реактивной мощности электроприемника [22]:

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \arccos(\cos \varphi_i) \quad (4)$$

Расчетная реактивная мощность на основании расчетных значений (2) и (4):

$$Q_{\text{расч.ЭП.}i} = P_{\text{расч.ЭП.}i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (5)$$

Полная расчетная мощность с учетом расчетных значений (2) и (5):

$$S_{\text{расч.ЭП.}i\text{сч}} = \sqrt{Q_{\text{расч.ЭП.}i}^2 + P_{\text{расч.ЭП.}i}^2} \quad (6)$$

Согласно представленной методике (3) - (6) выполним расчет для электроприемника – электрический конвектор.

По (2) для электрического конвектора получим:

$$P_{\text{расч.ЭК}} = P_{\text{ном.ЭК}} \cdot K_{\text{спрос.ЭК}} = 1000 \cdot 1 = 1000 \text{ (Вт)}$$

По (3) для электрического конвектора получим:

$$I_{\text{расч.ЭК}} = \frac{P_{\text{ном.ЭК}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ЭК}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,85} = 3,09 \text{ (А)}$$

По (4) для электрического конвектора получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ЭК}} = \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi_{\text{ЭК}})) = \operatorname{tg}(\arccos(0,85)) = 0,62$$

По (5) для электрического конвектора получим:

$$Q_{\text{расч.ЭК}} = P_{\text{расч.ЭК}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{ЭК}} = 1000 \cdot 0,62 = 0,62 \text{ (квар)}$$

По (6) для электрического конвектора получим:

$$S_{\text{расч.ЭК}} = \sqrt{Q_{\text{расч.ЭК}}^2 + P_{\text{расч.ЭК}}^2} = \sqrt{0,62^2 + 1^2} = 1,18 \text{ (кВА)}$$

Определение расчетных значений активной, реактивной и полной мощности, а также расчетного тока согласно методике (3) - (6) выполним в таблице 5.

Итогом определение расчетных значений активной, реактивной и полной мощности для общественно-административного здания является определение суммарных значений по силовым электроприемникам [25].

Суммарную активную мощность определим как:

$$P_{\text{расч.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{\text{расч.}i} \quad (7)$$

где n – число электроприемников, шт.;

$P_{\text{расч.}i}$ – расчетная активная мощность электроприемника, кВт;

Суммарная реактивная мощность:

$$Q_{\text{расч.}\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{расч.}i} \quad (8)$$

где n – число электроприемников, шт.;

$Q_{\text{расч.}i}$ – расчетная реактивная мощность электроприемника, квар;

Суммарная расчетная полная мощность:

$$S_{\text{расч.}\Sigma} = \sqrt{Q_{\text{расч.}\Sigma}^2 + P_{\text{расч.}\Sigma}^2} \quad (9)$$

Расчетный ток определим как:

$$I_{\text{расч.}\Sigma} = \frac{S_{\text{расч.}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (10)$$

Все расчеты сведем в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет силовых нагрузок здания дома бракосочетания

Наименование электроприемника	$P_{\text{ном.}i}$, кВт	$\cos \varphi_i$	$I_{\text{расч.}i}$, А	$P_{\text{расч.}i}$, кВт	$\text{tg } \varphi_i$	$Q_{\text{расч.}i}$, квар	$S_{\text{расч.}i}$, кВА
Первый этаж							
ЭК-1000	1,0	0,85	3,09	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1000	1,0	0,85	3,09	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-500	0,5	0,85	1,54	0,5	0,62	0,31	0,59
ЭК-750	0,75	0,85	2,32	0,75	0,62	0,465	0,88
ЭК-2000	2,0	0,85	6,17	2	0,62	1,24	2,35
ЭК-2000	2,0	0,85	6,17	2	0,62	1,24	2,35
ЭК-1000	1,0	0,85	3,09	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1500	1,5	0,85	4,63	1,5	0,62	0,93	1,76
ЭК-1500	1,5	0,85	4,63	1,5	0,62	0,93	1,76
ЭК-1250	1,25	0,85	3,86	1,25	0,62	0,775	1,47
ЭК-1250	1,25	0,85	3,86	1,25	0,62	0,775	1,47
ЭК-1250	1,25	0,85	3,86	1,25	0,62	0,775	1,47
ЭК-1500	1,5	0,85	4,63	1,5	0,62	0,93	1,76
ЭК-1000	1,0	0,85	3,09	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-2000	2,0	0,85	6,17	2	0,62	1,24	2,35
ЭК-2000	2,0	0,85	6,17	2	0,62	1,24	2,35
Приточный агрегат	0,75	0,88	2,24	0,75	0,54	0,405	0,85
Приточный агрегат	0,75	0,88	2,24	0,75	0,54	0,405	0,85
Компрессорно-конденсаторный блок	2,0	0,87	6,03	2	0,57	1,14	2,3
Компрессорно-конденсаторный блок	2,0	0,87	6,03	2	0,57	1,14	2,3

Продолжение таблицы 5

Наименование электроприемника	$P_{ном.i}$, кВт	$\cos \varphi_i$	$I_{расч.i}$, А	$P_{расч.i}$, кВт	$\operatorname{tg} \varphi_i$	$Q_{расч.i}$, квар	$S_{расч.i}$, кВА
Электрический насос	4,0	0,86	12,21	4	0,59	2,36	4,64
Вентилятор В-06	0,67	0,86	2,04	0,67	0,59	0,3953	0,78
Вентилятор В-02	3,2	0,86	9,76	3,2	0,59	1,888	3,72
Всего по этажу 1	-	0,86	61,6	34,87	0,59	20,5733	40,49
Второй этаж							
ЭК-1500	1,5	0,85	2,68	1,5	0,62	0,93	1,76
ЭК-1500	1,5	0,85	2,68	1,5	0,62	0,93	1,76
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1000	1	0,85	1,79	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1000	1	0,85	1,79	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-1000	1	0,85	1,79	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1000	1	0,85	1,79	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-1750	1,75	0,85	3,13	1,75	0,62	1,085	2,06
ЭК-750	0,75	0,85	1,34	0,75	0,62	0,465	0,88
ЭК-750	0,75	0,85	1,34	0,75	0,62	0,465	0,88
ЭК-1000	1	0,85	1,79	1	0,62	0,62	1,18
ЭК-750	0,75	0,85	1,34	0,75	0,62	0,465	0,88
ЭК-750	0,75	0,85	1,34	0,75	0,62	0,465	0,88
Компрессорно-конденсаторный блок	2	0,87	3,49	2	0,57	1,14	2,3
П-01	0,43	0,86	0,76	0,43	0,59	0,2537	0,5
Всего по этажу 2	-	0,85	50,23	28,1	0,62	17,422	33,06
Всего по зданию	-	0,85	112,56	62,97	0,62	39,0414	74,09

Согласно представленной методике расчета перспективных нагрузок (3) - (6) выполнен расчет нагрузок для силовых электроприемников: электрических конвекторов отопления, насосов вентиляции и установок кондиционирования воздуха. Результатами расчета перспективных нагрузок общественно-административного здания являются поэтажные активные, реактивные и полные мощности силовых электроприемников. Для первого этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{расч.Э.этаж-1} = 34,87$ (кВт), по реактивной мощности

$Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 20,5733$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 40,49$ (кВА). Для второго этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 28,1$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 17,4$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 33,1$ (кВА). Перспективная нагрузка силовых электроприемников по всему общественно-административному зданию составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma} = 62,97$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma} = 39,04$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma} = 74,1$ (кВА).

3.2 Перспективные электрические нагрузки розеточной сети

Далее в данном разделе ВКР также необходимо определить мощность розеточной сети здания дома бракосочетания. Для этого на первом этапе необходимо определить число розеток ($n_{\text{роз.}}$) в здании дома бракосочетания, для этого составим таблицу 6.

Таблица 6 - Определение числа розеток в здании дома бракосочетания

Наименование помещения	$n_{\text{роз.}}$, шт.
Подвал	
Насосная	5
Помещение архива 1	5
Помещение электрощитовой	4
Помещение архива 2	12
Всего по подвалу	26
Первый этаж	
Лестничная клетка	3
Комната охранника	4
Санитарный узел	2
Приемная руководителя	4
Кабинет руководителя	8
Коридор	2
Зал проведения торжеств	10
Комната жениха	4
Комната невесты	4
Коридор	6
Коридор	2
Тамбур входа	2

Продолжение таблицы 6

Наименование помещения	$n_{\text{роз.}}$ шт.
Холл ожидальня	1
Тамбур выхода	1
Лестничная клетка	3
Лестничная клетка	3
Всего по этажу 1	59
Второй этаж	
Лестничная клетка. Коридор	4
Санитарный узел	2
Санитарный узел	2
Бухгалтерия	8
Кабинет руководителя	6
Комната приема заявлений	6
Помещение архива	2
Холл	4
Комната приема заявлений	6
Комната отдыха персонала	4
Кабинет нотариуса	4
Всего по этажу 2	48
Всего по зданию	133

Расчетная активная мощность розеточной сети:

$$P_{\text{расч.роз.}} = K_{\text{спроса}} \cdot P_{\text{уст.роз.}} \cdot n_{\text{роз.}} \quad (11)$$

где $K_{\text{спроса}}$ – коэффициент спроса, принимается $K_{\text{спроса}} = 1$;

$P_{\text{уст.роз.}}$ – установленная мощность для розетки, принимается

$$P_{\text{уст.роз.}} = 0,06 \text{ кВт};$$

$n_{\text{роз.}}$ – общее количество розеток, шт.

По (11) для подвального помещения:

$$P_{\text{расч.роз.подв.}} = K_{\text{спроса}} \cdot P_{\text{уст.роз.}} \cdot n_{\text{роз.}} = 1 \cdot 0,06 \cdot 26 = 1,56 \text{ (кВт)}$$

По (11) для первого этажа:

$$P_{\text{расч.роз.этаж-1}} = K_{\text{спроса}} \cdot P_{\text{уст.роз.}} \cdot n_{\text{роз.}} = 1 \cdot 0,06 \cdot 59 = 3,54 \text{ (кВт)}$$

По (11) для второго этажа:

$$P_{\text{расч.роз.этаж-2}} = K_{\text{спроса}} \cdot P_{\text{уст.роз.}} \cdot n_{\text{роз.}} = 1 \cdot 0,06 \cdot 48 = 2,88 \text{ (кВт)}$$

Итоговая мощность по розеточной сети:

$$P_{\text{расч.роз.}\Sigma} = P_{\text{расч.роз.подв.}} + P_{\text{расч.роз.этаж-1}} + P_{\text{расч.роз.этаж-2}},$$
$$P_{\text{расч.роз.}\Sigma} = 1,56 + 3,54 + 2,88 = 7,98 \text{ (кВт)}$$

Выводы по разделу.

Выполнен расчет перспективных нагрузок общественно-административного здания по силовым электроприемникам. Для первого этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 34,87$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 20,5733$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 40,49$ (кВА). Для второго этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 28,1$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 17,4$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 33,1$ (кВА). Перспективная нагрузка силовых электроприемников по всему общественно-административному зданию составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma} = 62,97$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma} = 39,04$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma} = 74,1$ (кВА).

Выполнен расчет перспективных электрических нагрузок розеточной сети общественно-административного здания. Расчетные активные мощности розеточной сети по подвальному помещению составили $P_{\text{расч.роз.подв.}} = 1,56$ (кВт), по первому этажу здания $P_{\text{расч.роз.этаж-1}} = 3,54$ (кВт), по второму этажу здания $P_{\text{расч.роз.этаж-2}} = 2,88$ (кВт).

4 Система освещения

При проектировании систем электроснабжения важным этапом является проектирование и расчет системы внутреннего и внешнего освещения [2]. При проектировании системы освещения необходимо учитывать требования нормативных актов по уровню нормируемой освещенности, а также требования по классу помещений для оптимального выбора установок внутреннего освещения [16]. Немаловажным является выбор эффективных светильников с точки зрения потребления электрической энергии [8].

4.1 Система внутреннего освещения

Для расчета системы внутреннего освещения общесветовно-административного здания необходимо использовать современные типы светильников и подходы к расчету освещенности. Одним из современных и доступных программных продуктов для расчета сцен освещения является Dialux [13]. Программный продукт Dialux позволяет, используя планы помещений здания выполнить автоматическую расстановку светильников с расчетом показателей: максимальная освещенность ($E_{\text{макс.}}$), средняя освещенность ($E_{\text{сред.}}$) и минимальная освещенность ($E_{\text{мин.}}$) в помещении. По указанным показателям к установке в помещении принимаются расчетное число светильников ($n_{\text{свет.расч}}$) светильники и определяется мощность системы освещения ($P_{\text{свет.расч}}$). Расчетная мощность системы освещения определяется на основании выражения, для каждого помещения:

$$P_{\text{свет.расч.}i} = \sum_{j=1}^m P_{\text{свет.}j} \cdot n_{\text{свет.расч.}j} \quad (12)$$

где m – число групп светильников используемых в i -м помещении, шт.

$P_{\text{свет.}j}$ – мощность светильника j -й группы, Вт;

$n_{\text{свет.расч.}j}$ – расчетное число светильников j -й группы, шт.

На рисунке 2 показан план подвального помещения общественно-административного здания с нанесенными изолиниями в фиктивных цветах освещения полученный в результате расчета освещения в программном продукте Dialux.

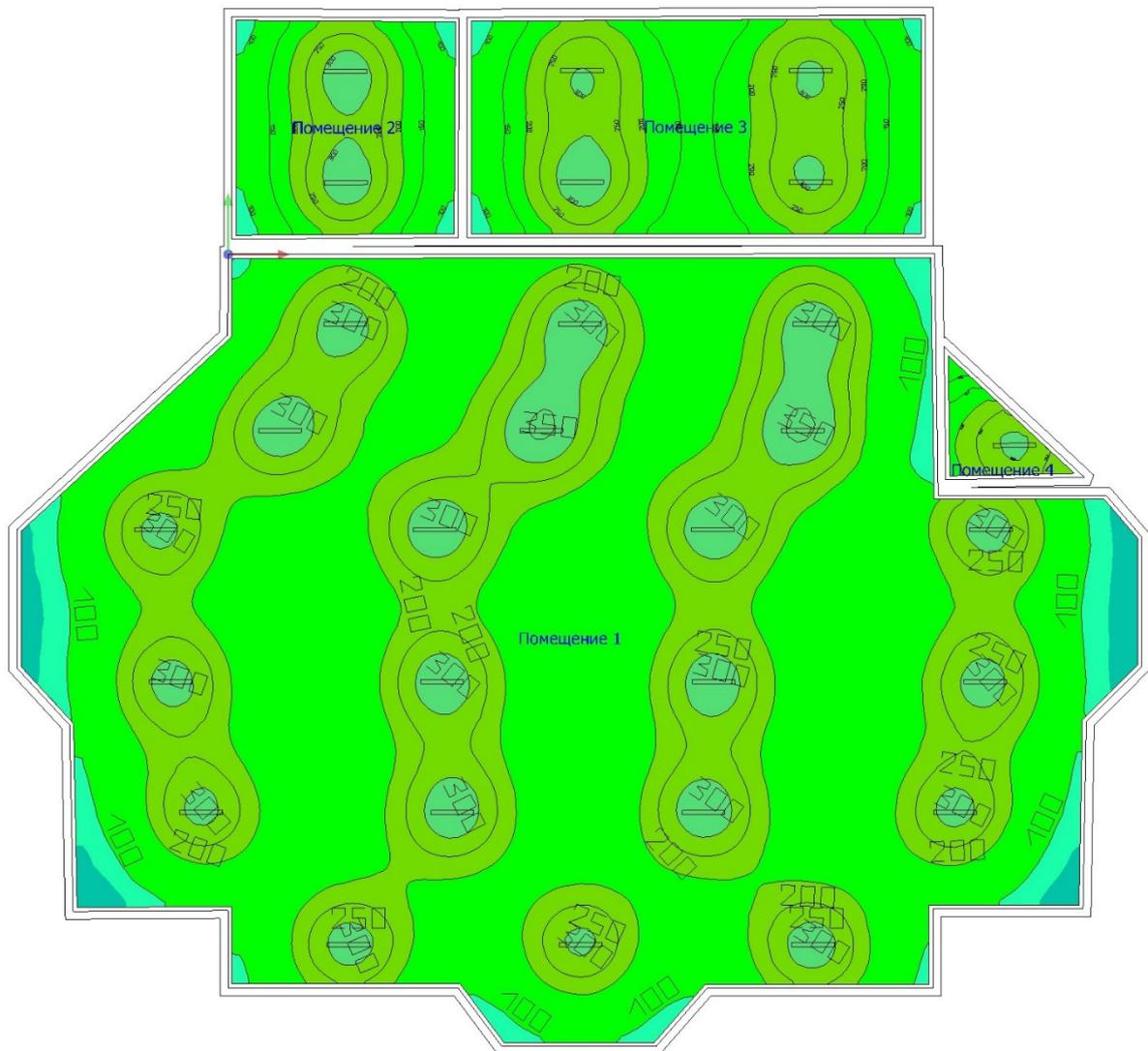


Рисунок 2 – Результаты расчета системы освещения подвального помещения здания в программе Dialux

Согласно данным рисунка 2 результаты расчета освещения подвального помещения представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты расчета освещения подвального помещения

Обозначение помещения	Наименование помещения	Расчетная освещенность, Лк			$n_{\text{свет.расч.}j}$, ШТ
		$E_{\text{макс.}}$	$E_{\text{сред.}}$	$E_{\text{мин.}}$	
Помещение 1	Помещение архива 2	360	194	50	21
Помещение 2	Насосная	335	197	86	2
Помещение 3	Помещение архива 1	338	199	87,5	4
Помещение 4	Помещение электрощитовой	308	105	229	1

Согласно данным рисунка 3 – расчет освещения второго этажа, результаты расчета освещения представлены в таблице 8.

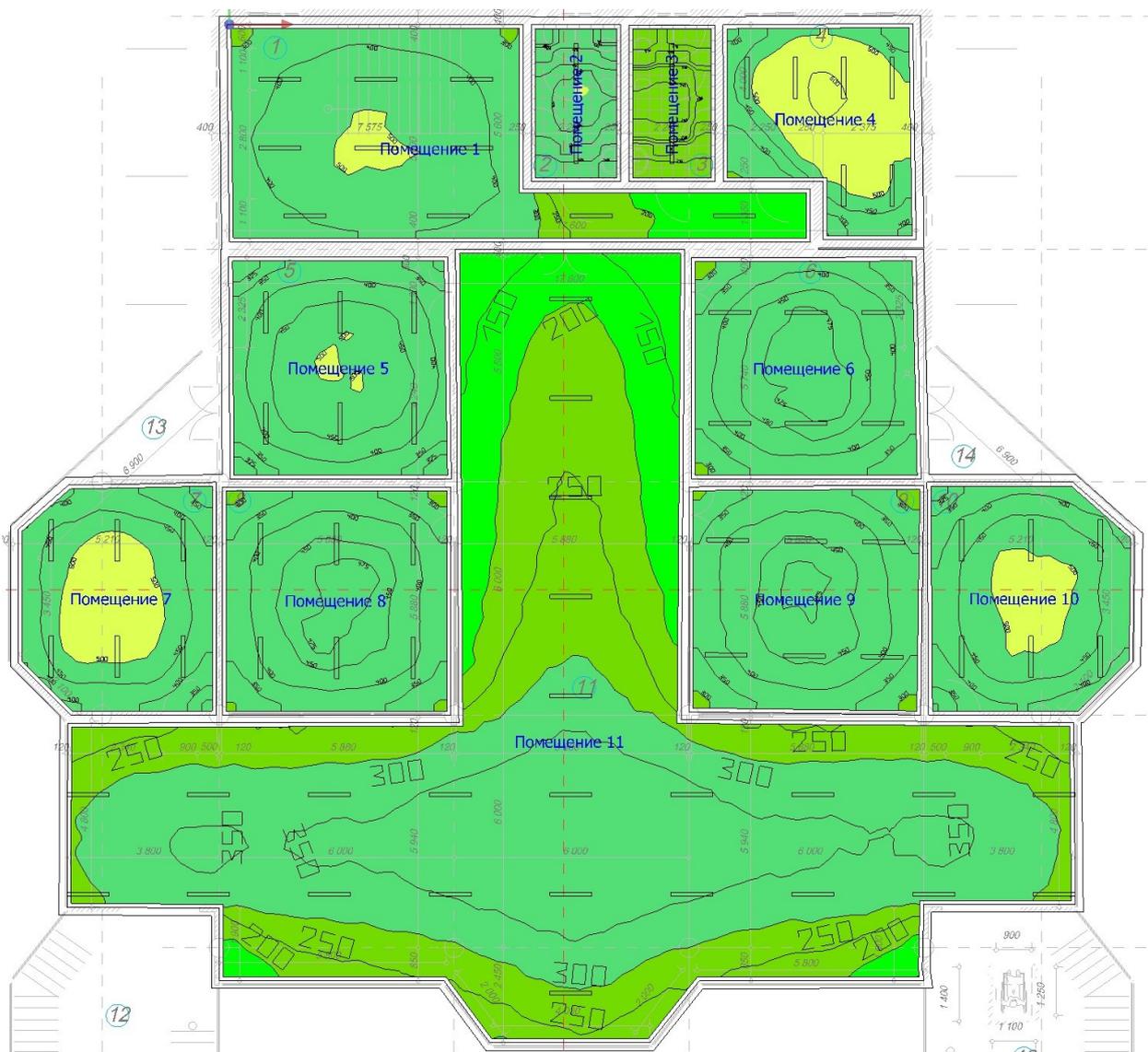


Рисунок 3 - Результаты расчета системы освещения второго этажа здания в программе Dialux

Таблица 8 - Результаты расчета освещения второго этажа

Обозначение помещения	Наименование помещения	Расчетная освещенность, Лк			$n_{\text{свет.расч.}j}$, ШТ
		$E_{\text{макс.}}$	$E_{\text{сред.}}$	$E_{\text{мин.}}$	
Помещение 1	Лестничная клетка. Коридор	507	380	133	10
Помещение 2	Санитарный узел	499	446	386	2
Помещение 3	Санитарный узел	246	224	201	2
Помещение 4	Бухгалтерия	614	502	294	6
Помещение 5	Кабинет нотариуса	503	423	304	6
Помещение 6	Кабинет руководителя	495	416	284	6
Помещение 7	Комната отдыха персонала	536	460	319	6
Помещение 8	Комната приема заявлений	493	407	287	6
Помещение 9	Комната приема заявлений	481	402	281	6
Помещение 10	Помещение архива	445	313	527	6
Помещение 11	Холл	393	289	114	24

Для подвального помещения и второго этажа здания приняты светильники марки SIMPLE EVO (1200) 40W OPL 850 WH EM [14].

На первом этаже здания расположен зал для проведения торжеств и парадный холл, поэтому для первого этажа должны быть выбраны дизайнерские типы светильников. Дизайнерским проектом предусматривается установка в холле первого этажа многоярусной люстры. Для выполнения расчетов освещенности помещений первого этажа также воспользуемся инструментами Dialux.

Результаты расчета освещения первого этажа общественно-административного здания представлены на рисунке 4.

Согласно данным рисунка результаты расчета освещения подвального помещения представлены в таблице 9.

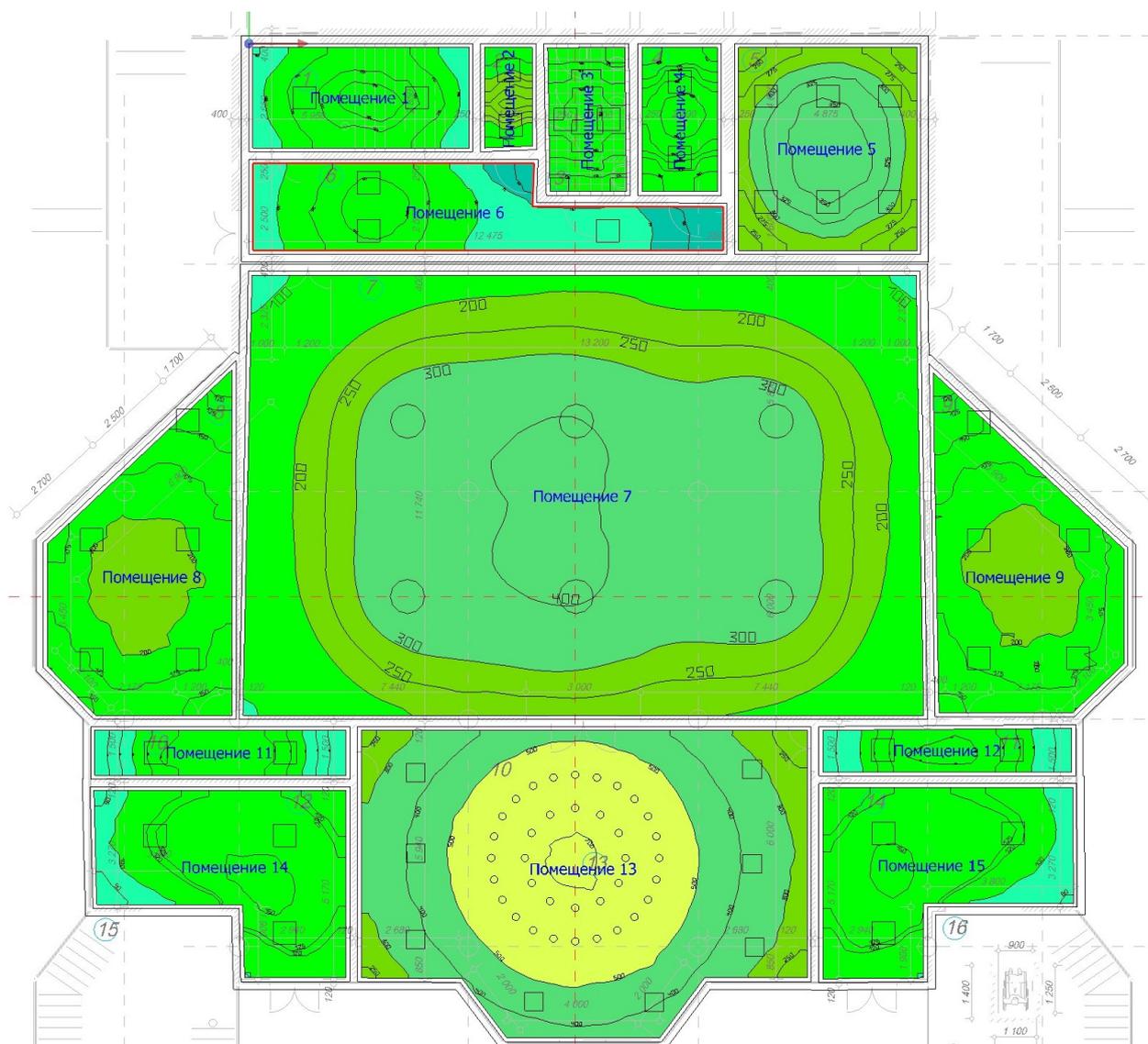


Рисунок 4 - Результаты расчета системы освещения первого этажа здания в программе Dialux

Таблица 9 - Результаты расчета освещения подвального помещения

Обозначение помещения	Наименование помещения	Расчетная освещенность, Лк			$n_{\text{свет.расч.}j}$, ШТ
		$E_{\text{макс.}}$	$E_{\text{сред.}}$	$E_{\text{мин.}}$	
Помещение 1	Лестничная клетка	129	11	90	2
Помещение 2	Комната охранника	216	200	185	2
Помещение 3	Санитарный узел	155	141	122	2
Помещение 4	Приемная руководителя	197	176	151	2
Помещение 5	Кабинет руководителя	371	312	231	6
Помещение 6	Коридор	147	104	50	3

Продолжение таблицы 9

Обозначение помещения	Наименование помещения	Расчетная освещенность, Лк			$n_{\text{свет.расч.}j}$, ШТ
		$E_{\text{макс.}}$	$E_{\text{сред.}}$	$E_{\text{мин.}}$	
Помещение 7	Зал проведения торжеств	418	276	88,5	6
Помещение 8	Комната жениха	215	183	115	5
Помещение 9	Комната невесты	217	184	115	5
Помещение 11	Коридор	113	104	86	2
Помещение 12	Коридор	116	105	86,1	2
Помещение 13	Тамбур входа	153	126	83,3	3
Помещение 14	Холл ожидальня	720	467	218	9
Помещение 15	Тамбур выхода	154	124	79,1	3

Для помещений первого этажа общественно-административного здания приняты светильники для установки в подвесные потолки OPL/R ECO LED 595 4000K [15]. В холле ожидальне принимается установка многоярусная люстра, а также светильники типа DIADEM/P (500) 840 WH PE [11]. В зале проведения торжеств принимаются светильники типа SOL P LED 900 WH 4000K DALI [10]. Расчет мощности системы освещения согласно выражению (12) выполним в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет мощности системы освещения здания

Обозначение помещения	Наименование помещения	$n_{\text{свет.расч.}j}$, ШТ	m , ШТ.	$P_{\text{свет.}j}$, Вт	$P_{\text{свет.}j}$, Вт
Подвальное помещение					
Помещение 1	Лестничная клетка. Коридор	10	1	40	400
Помещение 2	Санитарный узел	2	1	40	80
Помещение 3	Санитарный узел	2	1	40	80
Помещение 4	Бухгалтерия	6	1	40	240
Помещение 5	Кабинет нотариуса	6	1	40	240
Помещение 6	Кабинет руководителя	6	1	40	240
Помещение 7	Комната отдыха персонала	6	1	40	240
Помещение 8	Комната приема заявлений	6	1	40	240
Помещение 9	Комната приема заявлений	6	1	40	240
Помещение 10	Помещение архива	6	1	40	240
Помещение 11	Холл	24	1	40	960
Суммарная мощность освещения подвального помещения, Вт					3200
Второй этаж					
Помещение 1	Лестничная клетка. Коридор	10	1	40	400
Помещение 2	Санитарный узел	2	1	40	80
Помещение 3	Санитарный узел	2	1	40	80

Продолжение таблицы 10

Обозначение помещения	Наименование помещения	$n_{\text{свет.расч.},j}$, шт	m , шт.	$P_{\text{свет.},j}$, Вт	$P_{\text{свет.},j}$, Вт
Помещение 4	Бухгалтерия	6	1	40	240
Помещение 5	Кабинет нотариуса	6	1	40	240
Помещение 6	Кабинет руководителя	6	1	40	240
Помещение 7	Комната отдыха персонала	6	1	40	240
Помещение 8	Комната приема заявлений	6	1	40	240
Помещение 9	Комната приема заявлений	6	1	40	240
Помещение 10	Помещение архива	6	1	40	240
Помещение 11	Холл	24	1	40	960
Суммарная мощность освещения второго этажа, Вт					3200
Первый этаж					
Помещение 1	Лестничная клетка	2	1	32	64
Помещение 2	Комната охранника	2	1	32	64
Помещение 3	Санитарный узел	2	1	32	64
Помещение 4	Приемная руководителя	2	1	32	64
Помещение 5	Кабинет руководителя	6	1	32	192
Помещение 6	Коридор	3	1	32	96
Помещение 7	Зал проведения торжеств	6	1	110	660
Помещение 8	Комната жениха	5	1	32	160
Помещение 9	Комната невесты	5	1	32	160
Помещение 11	Коридор	2	1	32	64
Помещение 12	Коридор	2	1	32	64
Помещение 13	Тамбур входа	3	1	32	96
Помещение 14	Холл ожидальня	9	2	25	644
Помещение 15	Тамбур выхода	3	1	32	96
Суммарная мощность освещения первого этажа, Вт					2488
Суммарная мощность внутреннего освещения здания, Вт					8888

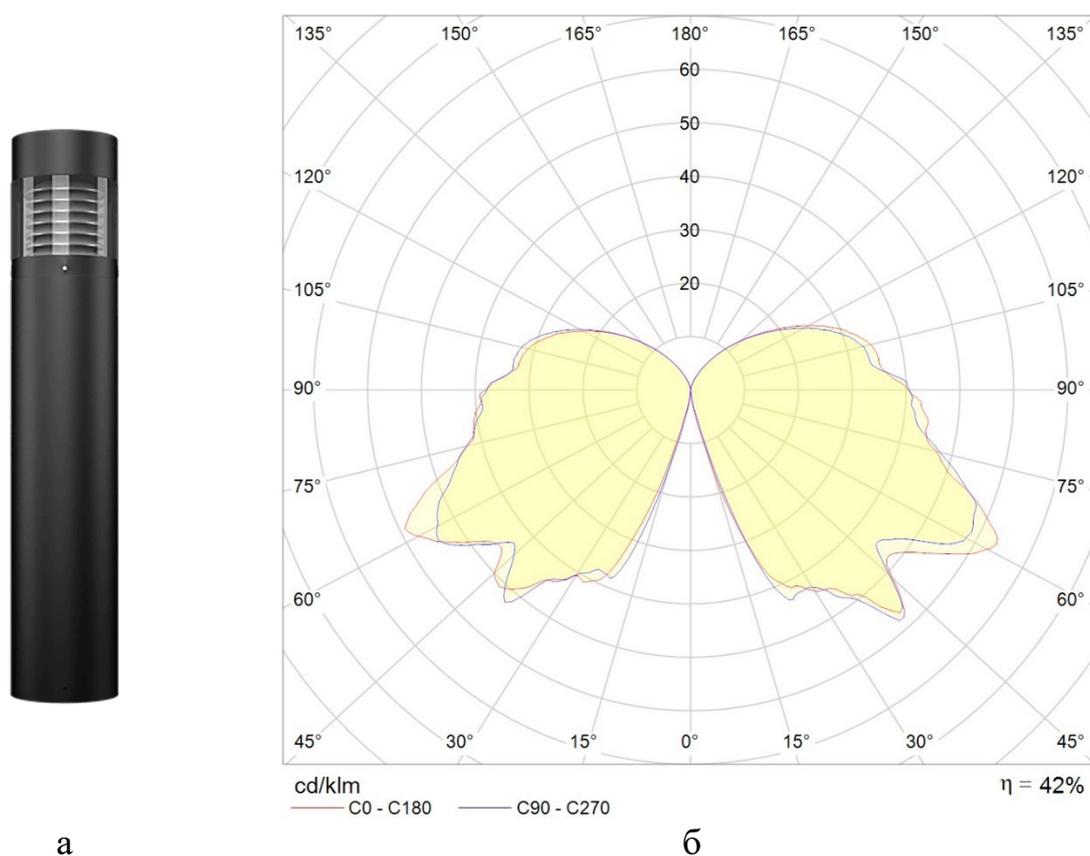
По результатам расчета системы внутреннего освещения общественно-административного здания к установке во всех помещениях приняты светодиодные светильники. По результатам расчета нормы освещенности выполняется во всех помещениях. Суммарная мощность системы внутреннего освещения общественно-административного здания составила 8,888 кВт.

4.2 Система уличного освещения

Для расчета системы освещения территории общественно-административного здания воспользуемся планом территории и выполним

расчет в программном продукте Dialux, который также позволяет выполнять расчет не только внутреннего, но и наружного освещения.

Дизайнерским проектом общественно-административного здания предусмотрено применение архитектурной подсветки, которая не нормируется по уровню освещения и должна соответствовать дизайнерскому проекту. Размещение светильников подсветки также отразим на плане освещения территории для определения общего уровня освещенности. Для системы наружного освещения общественно административного здания в качестве архитектурной подсветки применяются светильники типа TERES E60 black [4] представленный на рисунке 5.



а – внешний вид светильника архитектурной подсветки; б – форма кривой силы света светильника архитектурной подсветки

Рисунок 5 – Светильник TERES E60 black для архитектурной подсветки

Результаты расчета наружного освещения показаны на рисунке 6.

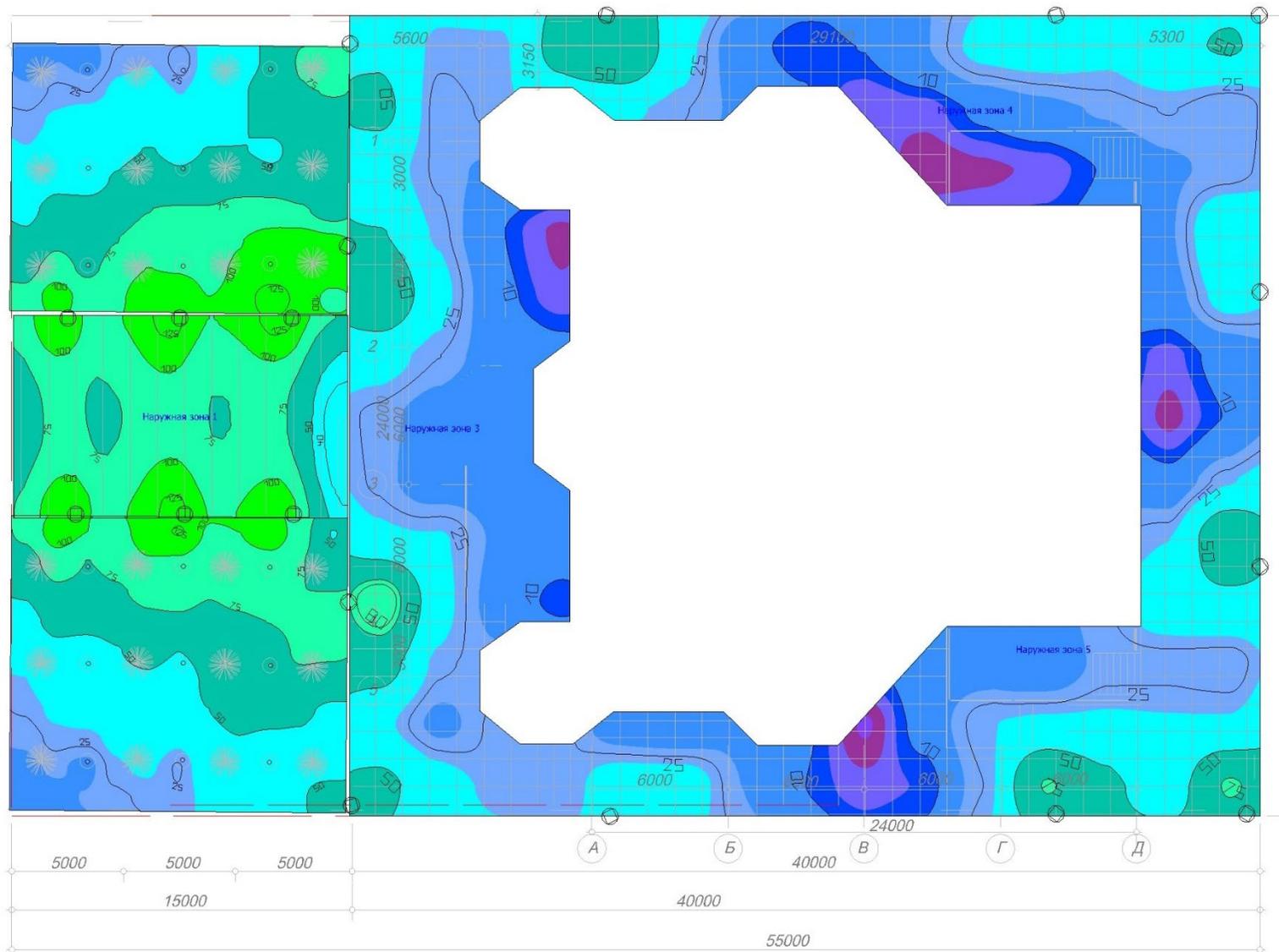


Рисунок 6 - Результаты расчета наружного освещения территории в программе Dialux

По результатам расчета наружной системы освещения, территория вокруг общественно-административного здания имеет следующие параметры:

- минимальная освещенность 2,61 лк;
- средняя освещенность 27,0 лк;
- максимальная освещенность 89,5 лк.

Дорога главного входа по результатам расчета освещенности имеет следующие параметры:

- минимальная освещенность 31,5 лк;
- средняя освещенность 85,6 лк;
- максимальная освещенность 136 лк.

Газоны перед главным входом освещены с помощью светильников архитектурной подсветки со следующими параметрами:

- минимальная освещенность 14,5 лк;
- средняя освещенность 56,9 лк;
- максимальная освещенность 126 лк.

По результатам расчета мощность системы наружного освещения составила 1,49 кВт. Для системы уличного освещения территории вокруг общественно-административного здания выбраны светильники типа SKYLINE LED 30W DW1 740 RAL9005.

Вывод по разделу.

Для общественно-административного здания спроектирована система внутреннего и наружного освещения. Расчет освещения выполнен в программе Dialux. По результатам расчета все нормы освещенности соблюдены. Общая мощность системы уличного и наружного освещения составила 10,4 кВт.

5 Схема внутреннего электроснабжения

В разделе 4 выпускной квалификационной работы определены значения активной мощности для системы наружного и внутреннего освещений. Так как к установке приняты светодиодные светильники, для которых коэффициент активной мощности составляет $\cos \varphi = 0,96$, то с учетом суммарной активной мощности системы внутреннего освещения $P_{\text{свет.расч.}\Sigma} = 8,888$ (кВт) определим полную мощность:

$$S_{\text{свет.расч.}\Sigma} = \frac{P_{\text{свет.расч.}\Sigma}}{\cos \varphi} = \frac{8,888}{0,96} = 9,26 \text{ (кВА)}$$

Тогда реактивная мощность системы внутреннего освещения составит:

$$Q_{\text{свет.расч.}\Sigma} = \sqrt{S_{\text{свет.расч.}\Sigma}^2 - P_{\text{свет.расч.}\Sigma}^2} = \sqrt{9,26^2 - 8,888^2} = 2,6 \text{ (квар)}$$

Аналогично для системы наружного освещения с учетом коэффициента активной мощности $\cos \varphi = 0,96$ и расчетным значением активной мощности $P_{\text{нар.расч.}\Sigma} = 1,49$ (кВт) получим величину полной мощности:

$$S_{\text{нар.расч.}\Sigma} = \frac{P_{\text{нар.расч.}\Sigma}}{\cos \varphi} = \frac{1,49}{0,96} = 1,55 \text{ (кВА)}$$

Тогда реактивная мощность системы наружного освещения составит:

$$Q_{\text{нар.расч.}\Sigma} = \sqrt{S_{\text{нар.расч.}\Sigma}^2 - P_{\text{нар.расч.}\Sigma}^2} = \sqrt{1,55^2 - 1,49^2} = 0,43 \text{ (квар)}$$

Для розеточной сети расчетное значение активной мощности составило $P_{\text{расч.роз.}\Sigma} = 7,98$ (кВт). Приняв средний коэффициент реактивной мощности

для розеточной сети $\cos \varphi = 0,85$ получим, что величина полной мощности розеточной сети общественно-административного здания составляет:

$$S_{\text{расч.роз.}\Sigma} = \frac{P_{\text{расч.роз.}\Sigma}}{\cos \varphi} = \frac{7,98}{0,85} = 9,4 \text{ (кВА)}$$

Тогда реактивная мощность розеточной сети:

$$Q_{\text{расч.роз.}\Sigma} = \sqrt{S_{\text{расч.роз.}\Sigma}^2 - P_{\text{расч.роз.}\Sigma}^2} = \sqrt{9,4^2 - 7,98^2} = 4,97 \text{ (квар)}$$

Суммарная реактивная мощность всего общественно-административного здания составит:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= Q_{\text{нар.расч.}\Sigma} + Q_{\text{свет.расч.}\Sigma} + Q_{\text{расч.}\Sigma} + Q_{\text{расч.роз.}\Sigma}, \\ Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= 0,43 + 2,6 + 39,04 + 4,97 = 47,1 \text{ (квар)} \end{aligned}$$

Суммарная полная мощность всего общественно-административного здания составит:

$$\begin{aligned} S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= S_{\text{нар.расч.}\Sigma} + S_{\text{свет.расч.}\Sigma} + S_{\text{расч.}\Sigma} + S_{\text{расч.роз.}\Sigma}, \\ S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= 1,55 + 9,26 + 74,1 + 9,4 = 94,31 \text{ (кВА)} \end{aligned}$$

Суммарная активная мощность всего общественно-административного здания составит:

$$\begin{aligned} P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= P_{\text{нар.расч.}\Sigma} + P_{\text{свет.расч.}\Sigma} + P_{\text{расч.}\Sigma} + P_{\text{расч.роз.}\Sigma}, \\ P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} &= 1,49 + 8,888 + 62,97 + 7,98 = 81,33 \text{ (кВт)} \end{aligned}$$

Внутренняя система электроснабжения общественно-административного здания состоит из [1]:

- вводного распределительного устройства (ВРУ);
- силовых щитов, запитанных от ВРУ и питающих силовые электроприемники и розеточную сеть;
- щитов освещения, которые обеспечивают питание системы внутреннего освещения;
- щита аварийного освещения обеспечивающего питание светильников эвакуационного освещения, аварийного освещения, пожарной сигнализации, установок вентиляции и дымоудаления.

Для внутренней системы электроснабжения общественно-административного здания принимается [1]:

- установка ВРУ в подвальном помещении – помещении электрощитовой;
- установка двух силовых щитов на первом и втором этажах общественно-административного здания;
- установка трех щитов освещения по одному на каждом из этажей общественно-административного здания;
- установка одного щита аварийного освещения устанавливаемого на первом этаже общественно-административного здания.

Определим мощности силовых щитов общественно-административного здания.

Расчетные активная, реактивная и полная мощности для силового щита 1 размещенного на первом этаже общественно-административного здания и питающего силовые и розеточные нагрузки первого и подвального этажей:

$$P_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} + P_{\text{расч.роз.этаж-1}} + P_{\text{расч.роз.подв.}}$$

$$P_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = 34,87 + 3,54 + 1,56 = 39,97 \text{ (кВт)}$$

$$S_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} + \frac{P_{\text{расч.роз.этаж-1}} + P_{\text{расч.роз.подв.}}}{0,85},$$

$$S_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = 40,49 + \frac{3,54 + 1,56}{0,85} = 46,49 \text{ (кВА)}$$

$$Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = \sqrt{S_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}}^2 - P_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}}^2},$$

$$Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = \sqrt{46,49^2 - 39,97^2} = 23,74 \text{ (квар)}$$

Расчетный ток для силового щита расположенного на первом этаже общественно-административного здания составит:

$$I_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = \frac{S_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{46,49}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 70,63 \text{ (A)}$$

Расчетному значению тока $I_{\text{расч.}\Sigma.\text{ЩС-1}} = 70,63$ соответствует стандартное значение сечения жилы кабеля 16 мм^2 . Для питания силового щита 1 от ВРУ общественно-административного здания примем кабель марки АВГНГ-LS-5×50.

Расчетный ток ВРУ общественно-административного здания составляет [9]:

$$I_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = \frac{S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{94,31}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 143,3 \text{ (A)}$$

Расчетному значению тока $I_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 143,3 \text{ (A)}$ соответствует стандартное значение сечения жилы кабеля 150 мм^2 . Для питания силового щита 1 от ВРУ общественно-административного здания примем кабель марки АВВБ 5×150 [17] прокладываемый в земле.

Расчет нагрузок силовых щитов, осветительных щитов и щита аварийного освещения выполним аналогично расчетам для силового щита 1. Результаты расчета и выбора кабелей сведем в таблицы 11 и 12 [17].

Таблица 11 - Результаты расчета для силовых щитов и щитов освещения

Пункт питания	$P_{\text{свет.расч.}\Sigma}$, кВт	$P_{\text{расч.роз}}$, кВт	$P_{\text{расч.}\Sigma\text{.этаж}}$, кВт	$P_{\text{расч.}\Sigma}$, кВт	$Q_{\text{расч.}\Sigma}$, квар	$S_{\text{расч.}\Sigma}$, кВА	$I_{\text{расч.}\Sigma}$, А
ЩС 1	-	5,1	34,87	39,97	23,74	46,49	70,63
ЩС 2	-	2,88	28,1	30,98	19,28	36,49	55,44
ЩО 1	3,2	-	-	3,2	0,92	3,33	5,06
ЩО 2	2,488	-	-	2,488	0,72	2,59	3,94
ЩО 3	3,2	-	-	3,2	0,92	3,33	5,06
ЩАО	0,31	-	1,42	1,73	0,5	1,8	2,73

Таблица 12 -Результаты выбора кабельных линий для силовых щитов и щитов освещения

Пункт питания	Тип кабеля питания	Длина линии, м
ЩС 1	АВВГнг 5×50	112,55
ЩС 2	АВВГнг 5×50	90,15
ЩО 1	ВВГнгLS 5×16	48,42
ЩО 2	ВВГнгLS 4×16	31,55
ЩО 3	ВВГнгLS 4×16	37,15
ЩАО	ВВГнгFRLS5×16	145,55

Выводы по разделу.

По результатам расчета получено, что полная мощность нагрузок общественно-административного здания составила $S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 94,31$ (кВА), при этом реактивная мощность составила $Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 47,1$ (квар), а активная $P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 81,33$ (кВт). По полученным значениям для питания ВРУ общественно-административного здания принят кабель марки АВВБ 5×150 прокладываемый в земле.

Выполнен расчет мощности для силовых щитов – ЩС 1 и ЩС 2, щитов освещения -ЩО 1, ЩО 2, ЩО 3, а также щита аварийного освещения – ЩАО.

6 Схема внешнего электроснабжения здания

Для питания системы электроснабжения общественно-административного здания необходимо выбрать тип, число и мощность трансформаторов [18]. Питание системы электроснабжения общественно-административного здания необходимо выполнить от трансформаторной подстанции, которая должна обеспечить питание не только потребителей проектируемой системы электроснабжения общественно-административного здания, но и близлежащих потребителей: торговый центр «Кулоб» и здание банка. Данные по нагрузкам близлежащих потребителей представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Данные потребителей подстанции

Наименование потребителя	Полная расчетная мощность, кВА	Расчетный коэффициент активной мощности	Категория электроснабжения
ТЦ «Кулоб»	211,5	0,85	2
Банк «Харзи»	91,4	0,83	2
ЗАГС	94,31	0,96	2
Суммарная мощность, кВА	397,21	-	-

Согласно данным таблицы 13 общее значение полной мощности всех потребителей проектируемой трансформаторной подстанции $S_{расч.ТП} = 397,21$ (кВА). Питание подстанции осуществляется от районной подстанции 110/6 кВ. Все потребители подстанции являются потребителями второй категории надежности электроснабжения. Исходя из этого для установки необходимо принять два трансформатора ($n_{транс.} = 2$) на подстанции. Для подстанций двухтрансформаторной компоновки допустимая длительная перегрузка возможна с превышением установленной мощности на 40%, то есть для двухтрансформаторных подстанций коэффициент допустимой аварийной перегрузки $K_{ДАП} = 1,4$ [12]. Мощность одного трансформатора определяется выражением:

$$S_{\text{транс.расч}} = \frac{S_{\text{расч.ТП}}}{K_{\text{ДАП}} \cdot (n_{\text{транс.}} - 1)} = \frac{397,21}{1,4 \cdot (2 - 1)} = 283,72 \text{ (кВА)}$$

Расчетному значению мощности $S_{\text{транс.расч}} = 283,72$ (кВА) соответствует стандартная мощность трансформатора $S_{\text{транс.ном}} = 400$ (кВА) [3]. Исходя из этого, к установке на подстанции принимается два трансформатора типа ТМГ-СЭЦ-400/6/0,4 кВ [20].

Выполним проверку необходимости использования на подстанции установок компенсации реактивной мощности. Для этого выполним расчет по данным таблицы 13 значений реактивной и активной мощностей для сторонних потребителей.

Активная мощность здания ТЦ «Кулоб»:

$$P_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} = S_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} \cdot \cos \varphi = 211,5 \cdot 0,85 = 179,8 \text{ (кВт)}$$

Реактивная мощность здания ТЦ «Кулоб»:

$$Q_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} = \sqrt{S_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma}^2 - P_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma}^2} = \sqrt{211,5^2 - 179,8^2} = 111,4 \text{ (квар)}$$

Активная мощность здания банка «Харзи»:

$$P_{\text{расч.банк.}\Sigma} = S_{\text{расч.банк.}\Sigma} \cdot \cos \varphi = 91,4 \cdot 0,83 = 75,9 \text{ (кВт)}$$

Реактивная мощность здания банка «Харзи»:

$$Q_{\text{расч.банк.}\Sigma} = \sqrt{S_{\text{расч.банк.}\Sigma}^2 - P_{\text{расч.банк.}\Sigma}^2} = \sqrt{91,4^2 - 75,9^2} = 50,9 \text{ (квар)}$$

Определим общий коэффициент активной мощности всех потребителей проектируемой трансформаторной подстанции:

$$\begin{aligned}\cos \varphi_{\text{общ.}} &= \frac{P_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} + P_{\text{расч.банк.}\Sigma} + P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma}}{S_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} + S_{\text{расч.банк.}\Sigma} + S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma}}, \\ \cos \varphi_{\text{общ.}} &= \frac{179,8 + 75,9 + 81,33}{211,5 + 91,4 + 94,31} = 0,85\end{aligned}$$

Определим общий коэффициент реактивной мощности всех потребителей проектируемой трансформаторной подстанции:

$$\begin{aligned}\text{tg } \varphi_{\text{общ.}} &= \frac{Q_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} + Q_{\text{расч.банк.}\Sigma} + Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma}}{P_{\text{расч.ТЦ.}\Sigma} + P_{\text{расч.банк.}\Sigma} + P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma}}, \\ \text{tg } \varphi_{\text{общ.}} &= \frac{111,4 + 50,9 + 47,1}{179,8 + 75,9 + 81,33} = 0,62\end{aligned}$$

Так как расчетная величина коэффициента реактивной мощности $\text{tg } \varphi_{\text{общ.}} = 0,62$ и превышает значение 0,5, то на проектируемой трансформаторной подстанции необходимо использовать установки компенсации реактивной мощности согласно [18].

Величина реактивной мощности, которая должна быть скомпенсирована на проектируемой трансформаторной подстанции определяется выражением:

$$Q_{\text{УКРМ.ТП-j.расч.}} = \frac{(\text{tg } \varphi_{\text{общ.}} - \text{tg } \varphi_{\text{норм}}) \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{расч.i.}\Sigma}}{n_{\text{УКРМ}}} \quad (13)$$

где $\text{tg } \varphi_{\text{норм}}$ – нормируемая величина коэффициента реактивной мощности, $\text{tg } \varphi_{\text{норм}} = 0,2$;

$n_{\text{УКРМ}}$ – число установок компенсации, устанавливаемых на проектируемой трансформаторной подстанции, шт;

$Q_{\text{расч.}i.\Sigma}$ – расчетные значения реактивной мощности потребителей, подключенных к проектируемой трансформаторной подстанции: здание банка, здание торгового центра, общественно-административное здание, квар.

По (13) для проектируемой трансформаторной подстанции получим:

$$Q_{\text{УКРМ.ТП.расч.}} = \frac{(0,62 - 0,2) \cdot (111,4 + 50,9 + 47,1)}{2},$$

$$Q_{\text{УКРМ.ТП.расч.}} = 43,974 \text{ (квар)}$$

По величине $Q_{\text{УКРМ.ТП.расч.}} = 43,974$ (квар) выбираем две установки компенсации реактивной мощности мощностью $Q_{\text{УКРМ.ТП.ном.}} = 50$ (квар) каждая типа АУКРМ-VE-0,4-50-12,5У3 IP31 с номинальным током 72,5 А [7]. Установки компенсации реактивной мощности необходимо подключить к шинам напряжения 0,4 кВ проектируемой трансформаторной подстанции.

После выбора установок компенсации необходимо выполнить проверку мощности трансформаторов, выбранных для установки на трансформаторной подстанции. Полная мощность проектируемой подстанции с учетом компенсации реактивной мощности:

$$S_{\text{ТП}}^{\text{КРМ}} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{расч.}i.\Sigma}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{\text{расч.}i.\Sigma} - (Q_{\text{УКРМ.ТП.ном.}} \cdot n_{\text{УКРМ}})\right)^2}$$

$$S_{\text{ТП}}^{\text{КРМ}} = \sqrt{(179,8 + 75,9 + 81,33)^2 + ((111,4 + 50,9 + 47,1) - (50 \cdot 2))^2}$$

$$S_{\text{ТП}}^{\text{КРМ}} = 318,78 \text{ (кВА)}$$

Тогда расчетная мощность трансформаторов проектируемой подстанции:

$$S_{\text{транс.расч}}^{\text{КРМ}} = \frac{S_{\text{ТП}}^{\text{КРМ}}}{K_{\text{ДАП}} \cdot (n_{\text{транс.}} - 1)} = \frac{318,78}{1,4 \cdot (2 - 1)} = 227,7 \text{ (кВА)}$$

По величине $S_{\text{транс.расч}}^{\text{КРМ}} = 227,7 \text{ (кВА)}$ принимаем к установке два распределительных трансформатора мощностью 250 МВА каждый. К установке принимаем трансформаторы типа ТМГ(Ф)СЭЩ-250/6/0,4 производства ОАО «Электроцит Самара» [20]. Параметры выбранного трансформатора представим в таблице 14.

Таблица 14 - Каталожные параметры ТМГ(Ф)СЭЩ-250/6/0,4

Параметр	Обозначение параметра	Единица измерения	Значение параметра
Номинальная мощность	$S_{\text{транс.ном}}$	кВА	250
Номинальное напряжение обмотки ВН	$U_{\text{ВН}}$	кВ	6
Номинальное напряжение обмотки НН	$U_{\text{НН}}$	кВ	0,4
Потери холостого хода	ΔP_0	Вт	400
Потери короткого замыкания	$\Delta P_{\text{кз}}$	Вт	4200
Напряжение короткого замыкания	$U_{\text{кз}}$	%	4,5

Выводы по разделу.

Для питания проектируемой системы электроснабжения общественно-административного здания спроектирована трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами марки ТМГ(Ф)СЭЩ-250/6/0,4. Трансформаторы выбраны с учетом компенсации реактивной мощности на проектируемой подстанции. Для компенсации реактивной мощности на шинах напряжением 0,4 кВ устанавливаются две установки типа АУКРМ-VE-0,4-50-12,5УЗ IP31 с номинальным током 72,5 А.

Заключение

Выпускная квалификационная работа выполнена на тему «Электроснабжение общественно-административного здания г. Куляб Республики Таджикистан».

Во введении выпускной квалификационной работы представлена актуальность темы ВКР, а также определены цель и задачи.

В первом разделе выпускной квалификационной работы представлена характеристика общественно-административного здания – городского дворца бракосочетаний, расположенного на пересечении улицы проспект Исмоила Сомони и улицы Худоёра Назарова в г. Куляб Республики Таджикистан.

Представлена подробная экспликация помещений первого и второго этажей, а также подвального помещения городского дворца бракосочетаний.

Определено, что при проектировании системы электроснабжения необходимо выполнить выбор отопительных приборов, а также приборов нагрева холодной воды, так как здание городского дворца бракосочетаний не планируется подключать к магистральным сетям теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Определено, что в четырехстах метрах от городского дворца бракосочетаний расположена районная подстанция «Сомони» с классом напряжения силовых трансформаторов 110 кВ и 6 кВ. На районной подстанции установлено два силовых трансформатора номинальной мощностью 25 МВА каждый. Районная подстанция «Сомони» может быть использована в проекте электроснабжения как центр питания для проектируемой системы электроснабжения городского дворца бракосочетаний.

Для общественно-административного здания определены параметры помещений подвала, первого этажа и второго этажа. Общая площадь общественно-административного здания 1775,75 (м²), а общий внутренний объем общественно-административного здания 6574,787 (м³).

Во втором разделе выпускной квалификационной работы выполнен предварительный выбор мощности и типа накопительных водонагревателей для системы горячего водоснабжения общественно-административного здания. Представлены результаты предварительного выбора типа, мощности и числа отопительных приборов – электрических конвекторов. Результаты раздела необходимы для определения перспективных электрических нагрузок общественно-административного здания.

В третьем разделе выпускной квалификационной работы выполнен расчет перспективных нагрузок общественно-административного здания по силовым электроприемникам. Для первого этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 34,87$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 20,5733$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-1}} = 40,49$ (кВА). Для второго этажа суммарная активная мощность силовых электроприемников составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 28,1$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 17,4$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma.\text{этаж-2}} = 33,1$ (кВА). Перспективная нагрузка силовых электроприемников по всему общественно-административному зданию составила: по активной мощности $P_{\text{расч.}\Sigma} = 62,97$ (кВт), по реактивной мощности $Q_{\text{расч.}\Sigma} = 39,04$ (квар), по полной мощности $S_{\text{расч.}\Sigma} = 74,1$ (кВА).

Выполнен расчет перспективных электрических нагрузок розеточной сети общественно-административного здания. Расчетные активные мощности розеточной сети по подвальному помещению составили $P_{\text{расч.роз.подв.}} = 1,56$ (кВт), по первому этажу здания $P_{\text{расч.роз.этаж-1}} = 3,54$ (кВт), по второму этажу здания $P_{\text{расч.роз.этаж-2}} = 2,88$ (кВт).

В четвертом разделе выполнен расчет внутренней и наружной систем освещения общественно-административного здания. По результатам расчета системы внутреннего освещения общественно-административного здания к установке во всех помещениях приняты светодиодные светильники. По

результатам расчета нормы освещенности выполняется во всех помещениях. Суммарная мощность системы внутреннего освещения общественно-административного здания составила 8,888 кВт.

По результатам расчета мощность системы наружного освещения составила 1,49 кВт. Для системы уличного освещения территории вокруг общественно-административного здания выбраны светильники типа SKYLINE LED 30W DW1 740 RAL9005.

Расчет освещения выполнен в программе Dialux. По результатам расчета все нормы освещенности соблюдены. Общая мощность системы уличного и наружного освещения составила 10,4 кВт.

В пятом разделе выпускной квалификационной работы определено, что полная мощность нагрузок общественно-административного здания составила $S_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 94,31$ (кВА), при этом реактивная мощность составила $Q_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 47,1$ (квар), а активная $P_{\text{ОАЗ.расч.}\Sigma} = 81,33$ (кВт). По полученным значениям для питания ВРУ общественно-административного здания принят кабель марки АВВБ 5×150 прокладываемый в земле.

Выполнен расчет мощности для силовых щитов – ЩС 1 и ЩС 2, щитов освещения -ЩО 1, ЩО 2, ЩО 3, а также щита аварийного освещения – ЩАО.

Для питания проектируемой системы электроснабжения общественно-административного здания спроектирована трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами марки ТМГ(Ф)СЭЩ-250/6/0,4. Трансформаторы выбраны с учетом компенсации реактивной мощности на проектируемой подстанции. Для компенсации реактивной мощности на шинах напряжением 0,4 кВ устанавливаются две установки типа АУКРМ-VE-0,4-50-12,5УЗ IP31 с номинальным током 72,5 А.

Полученные в рамках выпускной квалификационной работы результаты позволили достичь поставленную во введении цель выпускной квалификационной работы.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. 3-е изд. М.: Форум, 2020. 415 с.
- 2 ГОСТ 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.
- 3 ГОСТ 9680-77. Трансформаторы силовые мощностью 0,01 кВ·А и более. Ряд номинальных мощностей. М.: Издательство стандартов, 1977. 4 с.
- 4 Грунтовые светильники TERES LED [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Световые Технологии": [сайт]. [2025]. URL: <https://www.ltcompany.com/series/teres-led> (дата обращения: 10.04.2025).
- 5 Кускин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие. Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
- 6 Методические рекомендации для определения категоричности потребителей по надежности электроснабжения // Электроэнергетический Совет Содружества Независимых Государств. Исполнительный Комитет. 2019. URL: <http://energo-cis.ru/wyswyg/file/RGN-new/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80.pdf> (дата обращения: 30.03.2025).
- 7 Низковольтные конденсаторные установки [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Группа Компаний ВП-Альянс": [сайт]. [2025]. URL: <https://vp-alliance.ru/magazin/folder/nizkovoltnye-kondensatornye-ustanovki> (дата обращения: 06.05.2025).
- 8 Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. М.: Форум, 2020. 416 с.
- 9 Пастухова И.В., Насановский Л.Г. Особенности расчета электрокабелей высокого напряжения // Информационный вестник, Т. 14, № 3, 2014. С. 9-11.

10 Подвесной круглый светодиодный светильник SOL P LED [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Световые Технологии": [сайт]. [2025]. URL: <https://www.ltcompany.com/series/sol-p-led> (дата обращения: 10.04.2025).

11 Подвесной светодиодный светильник DIADEM/P [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Световые Технологии": [сайт]. [2025]. URL: <https://www.ltcompany.com/series/diadem-p> (дата обращения: 06.10.2025).

12 Правила устройства электроустановок. 7-е-е изд. Москва: Издательство Проспект, 2020. 832 с.

13 Программа для расчета освещения DIALux evo [Электронный ресурс] // DIALux: [сайт]. [2024]. URL: <https://www.dialux.com/en-GB/download> (дата обращения: 02.04.2025).

14 Светодиодные светильники SIMPLE EVO на основе коэкструзионного поликарбоната [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Световые Технологии": [сайт]. [2025]. URL: <https://www.ltcompany.com/series/simple-evo> (дата обращения: 10.04.2025).

15 Светодиодные светильники с опаловым рассеивателем OPL/R ECO LED [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя "Световые Технологии": [сайт]. [2025]. URL: <https://www.ltcompany.com/series/opl-r-eco-led> (дата обращения: 10.04.2025).

16 СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение". М.: Стандартинформ, 2018. 135 с.

17 Холдинг Кабельный Альянс. Справочная информация по кабельной продукции // АО "Электрокабель" Кальчугинский завод". 2024. URL: https://elcable.ru/upload/load/c69/83bd0f12_fbfa_11eb_b06f_b026281add29.pdf (дата обращения: 05.04.2025).

- 18 Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети. М.: Издательский дом "МЭИ", 2012. 286 с.
- 19 Шумилов Р.Н., Толстова Ю.В., Бояршинова А.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления. 2-е изд. Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. 336 с.
- 20 Электрощит Самара. Силовые трансформаторы с масляной изоляцией типа ТМ(Г)(Ф) 25.3150 кВА // Официальный сайт "Электрощит Самара". 2025. URL: https://www.electroshield.ru/upload/iblock/1a2/qkrj0664ylaraah4z34uwz9dвуарfi24/katalog-Silovye-transformatory_Elektroshchit-Samara_03.06.2025.pdf (дата обращения: 06.03.2025).
- 21 Beaty H.W. Handbook of electric power calculations. New York:McGraw-Hill. 2001. 530 с.
- 22 El-Hawary M.E. Introduction to Electrical Power Systems. New Jersey:Published by John Wiley & Sons. 2008. 397 с.
- 23 Meier A. Electric Power Systems: A Conceptual Introduction. New Jersey:Published by John Wiley & Sons. 2006. 328 с.
- 24 Panos K., Margarete K.The Power Supply Industry. Cham: Springer International Publishing AG, 2019. 374 с.
- 25 Patrick D.R., Fardo S.W., Fardo B.W. Electrical Power Systems Technology. New York: River Publishers, 2024. 504 с.