

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

## **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Идентификационный код ВКР: 825

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭС  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
профиля подготовки «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,  
организаций и учреждений»

Идентификационный код ВКР: 825

Исполнитель:

студент группы Кп-511 ЭО \_\_\_\_\_ Н.В. Волков

Руководитель:

зам. начальника отдела ОАО «ИЦЭУ» \_\_\_\_\_ Н.А. Здоровенко

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭС \_\_\_\_\_ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2016

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 51 листе, содержит 4 рисунка, 9 таблиц, 20 источник литературы, а также 8 приложений на 13 листах.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ТРАНСФОРМАТОР, НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ, ОСВЕЩЕННОСТЬ, КАБЕЛЬ, ВВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ.

*Объектом исследования* является горнолыжный комплекс «Гора Белая».

*Предметом исследования* является система электроснабжения горнолыжного комплекса.

*Цель работы:* разработать проект системы электроснабжения горнолыжного комплекса.

Произведен расчет электрических нагрузок сооружений горнолыжного комплекса. Выполнен расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ БКТП. Разработана схема электроснабжения БКТП. Выполнена и рассчитана сеть наружного освещения. Спроектировано размещение электрооборудования, заземление и освещение БКТП.

Произведен расчет капитальных затрат на организацию системы электроснабжения горнолыжного комплекса «Гора Белая».

Рассмотрены техника безопасности, пожарная безопасность, экологичность применения натриевых ламп высокого давления, экологичность проекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
2.1 Электрические нагрузки и категория электроснабжения	11
2.2 Схема электроснабжения блочно-комплектной трансформаторной подстанции	13 16
2.3 Схема электроснабжения вводно распределительного устройства и распределительной подстанции от блочно-комплектной трансформаторной подстанции	21 32
2.4 Размещение электрооборудования, заземление и освещение блочно-комплектной трансформаторной подстанции	32 38
2.5 Схема электроснабжения сети наружного освещения	38
2.6 Прокладка кабелей и сеть наружного освещения	40
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	41
3.1 Расчет затрат на оборудование, материалы и комплектующие	41
3.2 Расчет транспортных расходов	43
3.3 Расчет заготовительно-складских расходов	43
3.4 Расчет на монтаж электрооборудования	43
4. ЭКОЛОГИЯ И БЖД	44
4.1 Техника безопасности	46
4.2 Пожарная безопасность	48
4.3 Экологичность применения натриевых ламп высокого давления	49
4.4 Экологичность проекта	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

## ВВЕДЕНИЕ

Горнолыжный комплекс – это территория в горном районе, обустроенная для активного отдыха и спорта, как правило, горными, зимними видами спорта: занятием горными лыжами, сноубордом, альпинизмом, горным туризмом; также проведения лечебно-профилактических процедур.

Гора Белая является одной из красивейших на Среднем Урале, располагается в 37 км от города Нижний Тагил. Белой ее нарекли не случайно: склоны горы с осени до весны покрыты снегом. Взойдя на гору, можно невооруженным глазом разглядеть города Свердловской области: Невьянск, Кировград, Верхний Тагил и даже Екатеринбург.

Отличительные особенности горы Белая:

- абсолютная отметка вершины – 715 м;
- абсолютная отметка подножия – 460 м;
- перепад высот – 255 м.

ОАО «Горнолыжный комплекс «Гора Белая» образовано в июне 2004 года. Летом 2005 года был заложен первый камень нового комплекса.

Проектируемый объект расположен в Свердловской области, в Пригородном районе, около поселка Уралец.

Участок расположен в составе горнолыжного комплекса, у восточного подножия горы Белой, рядом с уже построенными сервисным центром, кафе, гостиницей и открытыми автопарковками, а также, проектируемыми объектами второй очереди строительства горнолыжного комплекса: физкультурно-оздоровительным комплексом, многоуровневой автопарковкой, детской спортивной школой.

Участок, отведенный для строительства гостиничного комплекса горнолыжной деревни, представляет собой вытянутый в меридиальном направлении прямоугольник. Его размеры в плане – 432 м х 150 м, площадь составляет 5,6 Га.

Протяженная западная сторона участка граничит с санитарной зоной артезианских скважин, короткая южная - подходит вплотную к деревне Белогорке.

Общий относительно ровный пологий уклон рельефа в широтном направлении (вдоль короткой стороны участка) составляет 6-8%.

Участок застройки частично покрыт лесом, представленным преимущественно деревьями хвойных пород высотой около 8-10 м.

Въезд на территорию горнолыжной деревни организован с северной стороны участка с проектируемой автодороги второй очереди строительства. Транспортная автодорожная схема движения – кольцевая. Общий вид горнолыжного комплекса «Гора Белая» представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид горнолыжного комплекса «Гора Белая»

*Объектом исследования* является горнолыжный комплекс «Гора Белая».

*Предметом исследования* является система электроснабжения горнолыжного комплекса.

*Цель работы:* разработать проект системы электроснабжения горнолыжного комплекса.

*Задачи:*

- определить электрические нагрузки сооружений горнолыжного комплекса;

- спроектировать схему электроснабжения ВРУ от БКТП;
- спроектировать схему электроснабжения РП от БКТП;
- спроектировать схему электроснабжения БКТП;
- спроектировать размещение электрооборудования в БКТП;
- спроектировать заземление БКТП;
- спроектировать освещение БКТП;
- спроектировать сеть наружного освещения.

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На проектируемой площадке горнолыжного комплекса «Гора Белая» расположены следующие здания и сооружения:

- общественный центр расположен на въезде в гостиничный комплекс. В нем в удобную функциональную схему связаны помещения для отдыха, питания, развлечений и административные и инженерно-эксплуатационные службы. В состав центра входит универсальный зал, при необходимости он может стать общим зрительно-просмотровым залом на 375 мест и кафе на 200 посадочных мест;

- коттеджи-гостиницы для временного проживания;

- открытая стоянка автомашин на 15 машиномест около въезда на территорию гостиничного комплекса;

- блоки навесов для стоянки и разгрузки автомашин гостей гостиничного комплекса на 39 машин;

- детские игровые площадки;

- блочные комплектные трансформаторные подстанции;

- центральный тепловой пункт;

- площадка для сбора мусора.

Горнолыжная деревня рассчитана на круглогодичный прием и проживание около тысячи отдыхающих.

Горнолыжная деревня состоит из следующих коттеджей-гостиниц:

- коттедж-гостиница типа ИК2 – 4 шт. – трехэтажное здание с подвалом и мансардным этажом, общей площадью 850 м<sup>2</sup>;

- коттедж-гостиница типа ИК3 – 7 шт. – трехэтажное здание с подвалом, общей площадью 450 м<sup>2</sup>;

- коттедж-гостиница типа ИК3а – 5 шт. – трехэтажное здание с подвалом, общей площадью 600 м<sup>2</sup>;



- коттедж-гостиница типа ИК4 – 2 шт. – двухэтажное здание с подвалом и техническим этажом, общей площадью 330 м<sup>2</sup>;

- коттедж-гостиница типа ИК5 – 1 шт. – трехэтажное здание с подвалом, общей площадью 850 м<sup>2</sup>;

- заблокированный коттедж-гостиница типа СК1-2 – 3 шт. – трехэтажное здание с подвалом и мансардным этажом, общей площадью 900 м<sup>2</sup>;

- заблокированный коттедж-гостиница типа СК1-3.1 – 5 шт. – трехэтажное здание с подвалом и мансардным этажом, общей площадью 1300 м<sup>2</sup>.

Потребителями каждого из коттеджей-гостиниц типа ИК2, ИК3, ИК3а, ИК4 являются:

- освещение;
- розеточная сеть бытовых электроприборов;
- вентиляция и кондиционирование;
- электроотопление;
- электронагреватели воды, расположенные в санузлах;
- комплектное оборудование сушильных шкафов, расположенных в гардеробных на первом этаже;
- охранно-пожарная сигнализация.

Потребителями коттеджа-гостиницы типа ИК5 являются:

- освещение;
- розеточная сеть бытовых электроприборов;
- вентиляция и кондиционирование;
- электроотопление;
- электронагреватели воды, расположенные в санузлах;
- комплектное оборудование сушильных шкафов, расположенных в гардеробных на первом этаже;
- охранно-пожарная сигнализация;
- оборудование бассейна;
- теплые полы в помещении бассейна;

- оборудование парной.

Потребителями каждого из коттеджей-гостиниц типа СК1-3.1, СК1-2 являются:

- освещение и розеточная сеть жилых помещений;
- освещение лестничных клеток, коридоров и других нежилых помещений;
- дренажный насос;
- усилитель TV;
- электронагреватели воды, расположенные в санузлах;
- комплектное оборудование сушильных шкафов, расположенных в гардеробных на первом этаже;
- охранно-пожарная сигнализация.

На территории комплекса предусматривается сеть наружного освещения. Электропитание требуется для сети освещения автодорог, открытых стоянок автомашин и блоков-навесов для стоянки, игровых детских площадок.

## **2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Электрические нагрузки и категория электроснабжения**

Электроснабжение предназначено для передачи и распределения электрической энергии от источников и систем преобразования до потребителей или приемников электроэнергии.

Схема распределения электроэнергии в здании зависит от напряжения сети; уровня электрических нагрузок; надежности электроснабжения; экономичности; простоты и удобства эксплуатации, а также конструктивных особенностей здания.

Схема электросети здания должна обеспечивать правильное функционирование как сети в целом, так и отдельных ее звеньев в нормальном и аварийном режимах и, в частности, гарантировать соответствующий уровень напряжения на зажимах электроприемников.

Согласно справочнику [2] по обеспечению надежности электроснабжения электроприемники разделяют на следующие категории:

- электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства;

- электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей;

- электроприемники III категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

В соответствии с СП31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» по надежности электроснабжения электроприемники горнолыжной деревни, в основном, относятся к потребителям второй категории.

Исключение составляют электроприемники ЦТП (центрального теплового пункта), противопожарных устройств, охранной сигнализации и аварийное (эвакуационное) освещение. Указанные электроприемники являются потребителями первой категории.

Расчетные нагрузки горнолыжного комплекса сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Расчетные нагрузки горнолыжного комплекса

Тип коттеджа-гостиницы	Количество, шт.	Расчетная нагрузка, кВт	Суммарная расчетная нагрузка, кВт
1	2	3	4
ИК2	4	46,04	184,16
ИК3	7	19,84	138,88
ИК3а	5	40,91	204,55
ИК4	2	18,36	36,72
ИК5	1	101,08	101,08
СК1-2	3	53,1	159,3
СК1-3.1	5	62,7	313,5
Общественный центр	1	1365,55	1365,55
ЦТП	1	20	20
Наружное освещение	-	20	20
<b>Итого:</b>	-	-	<b>2543,74</b>

## 2.2 Схема электроснабжения БКТП

В качестве источника электроснабжения принимаются отдельно стоящие трансформаторные подстанции с двумя трансформаторами, работающими по схеме взаиморезервирования типа:

- 2БКТП-250 (здание №29.1);
- 2БКТП- 630 (здание №29.2);
- 2БКТП-250 (здание №29.3).

2БКТП изготавливаются из двух железобетонных блоков (БТП-1 и БТП-2) в комплекте с двумя кабельными блоками и двумя металлическими маслоборниками.

БТП представляет собой объемный железобетонный блок, разделенный на два отсека. В одном отсеке размещаются силовые трансформаторы, в другом – высоковольтное и низковольтное оборудование.

В заводских условиях в БТП-1 и БТП-2 монтируются:

- компактное распределительное устройство (КРУ);
- шкаф низкого напряжения (НКУ);

- ящик собственных нужд (ЯСН);
- внутренний контур заземления из стальной полосы с двумя выводами для присоединения к внешнему контуру заземления;
- высоковольтные кабельные перемычки для соединения ячейки КРУ (защита трансформаторов) с силовыми трансформаторами;
- секционные перемычки;
- цепи освещения;
- гибкая связь от силовых трансформаторов до вводного выключателя нагрузки НКУ.

В составе блочных комплектных трансформаторных подстанций типа 2БКТП–250 (здания №№29.1, 29.3) входят:

- комплектное распределительное устройство 6 кВ, состоящее из двух секций с секционным выключателем;
- два трансформатора мощностью 250 кВА,  $E_k=4,5\%$ , напряжением 6/0,4 кВ, со схемой и группой соединения обмоток треугольник/звезда с нулем-11;
- комплектное распределительное устройство 0,4 кВ.

В состав блочной комплектной трансформаторной подстанции типа 2БКТП–630 (здания №29.2) входят:

- комплектное распределительное устройство 6 кВ, состоящее из двух секций с секционным выключателем;
- два трансформатора мощностью 630 кВА,  $E_k=4,5\%$ , напряжением 6/0,4 кВ, со схемой и группой соединения обмоток треугольник/звезда с нулем-11;
- комплектное распределительное устройство 0,4 кВ.

В качестве РУ-6 кВ применяется комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией.

Трансформаторы устанавливаются масляные, герметичные.

РУ-0,4 кВ комплектуется из двух низковольтных распределительных шкафов 0,4 кВ с рубильниками-предохранителями, а также, шкафами учета и ящиками собственных нужд.

В отдельных камерах располагаются каждый из двух масляных трансформаторов, под которыми предусматриваются сосуды для слива масла.

Ячейки КРУ-6 кВ и шкафы 0,4 кВ одноименных секций размещаются в одном из двух помещений РУ-6/0,4 кВ.

Соединение трансформаторов с ячейками 6кВ осуществляется кабельными линиями, а со шкафами 0,4 кВ – проводом. Выводы 6 и 0,4 кВ из распределительных устройств выполняются кабелями.

Для прокладки кабелей под помещениями РУ-6/0,4 кВ предусматривается сооружение кабельных блоков.

В соответствии с выполненными расчетами питающие кабели принимаются:

- отходящие от РУ-0,4 кВ ТП и в шлейфах – бронированные марки ВББШв с многопроволочными медными жилами сечением 4х95 кв.мм;
- для радиальных линий от РП27 – сечением 4х16, 4х25, 4х35 кв.мм.

Выбор защитной аппаратуры и сечений питающих кабелей производится по номинальным параметрам, с проверкой допустимого падения напряжения у потребителей, чувствительности аппаратуры к токам КЗ и термической стойкости кабелей к токам КЗ.

Источник внешнего электроснабжения трансформаторных подстанций в данной работе не определяется, но подстанции принимаются с двумя секциями 0,4 кВ и двумя трансформаторами напряжением 6/0,4 кВ. На вводе подстанций предусматривается комплектное распределительное устройство (КРУ) 6 кВ, состоящее из двух секций с секционным выключателем. В ячейках КРУ-6 кВ устанавливаются выключатели нагрузки.

Подвод питания от внешнего источника предполагается выполнить двумя кабельными линиями 6 кВ на шины двух секций КРУ-6 кВ подстанции в здании 29.2.

Электроснабжение секций КРУ-6 кВ двух других подстанций предусматривается от шин секций КРУ-6 кВ (здания №29.2) радиальными кабельными линиями.

Питающие кабели КРУ-6 кВ подстанций принимаются марки ВББШв напряжением 6 кВ сечением 3х50 кв.мм и 3х70 кв.мм, соответственно, к подстанциям мощностью 2х250 кВА и 2х630 кВА.

Кабели 6 кВ выбираются по номинальным параметрам, проверяются по допустимому падению напряжения у потребителей и термической стойкости к токам короткого замыкания.

После определения источника внешнего электроснабжения необходимо произвести расчеты по уточнению принятых сечений кабелей 6 кВ.

Схема электроснабжения БКТП показана в приложении А.

### **2.3 Схема электроснабжения вводно распределительных устройств и распределительных подстанций от блочно-комплектной трансформаторной подстанции**

Для питания электроприемников комплекса предусматривается строительство трех комплектных трансформаторных подстанций.

Расчетная нагрузка потребителей питающихся от этих ТП составляет 1234,64 кВт.

Две трансформаторные подстанции (здания 29.1 и 29.2) размещаются в районе расположения общественного центра. Установка третьей подстанции (здание №29.3) предполагается в районе коттеджей-гостиниц, удаленных от общественного центра.

Принимаются к установке двухтрансформаторные подстанции.



Мощность трансформаторов определяется в соответствии с расчетной нагрузкой:

- 2х250 кВА – для ТП в зданиях 29.1 и 29.3;

- 2х630 кВА – для ТП в здании 29.2.

Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ 2БКТП-250 (здание N29.1) приведен в приложении Б.1.

Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ 2БКТП-630 (здание N29.2) приведен в приложении Б.2.

Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ 2БКТП-250 (здание N29.3) приведен в приложении Б.3.

Электроснабжение ВРУ нескольких коттеджей-гостиниц (№2, 3, 4, 5, 6, 13), предусматривается от секций РУ-0,4 кВ «ТП1нов.», запроектированных и установленных ранее.

Электроснабжение выполняется по двум питающим линиям от разных секций «ТП1нов.» с организацией двух шлейфов (здания №2, 3, 4 и №6, 5, 13).

Расчетная нагрузка линии от рубильников Р4, Р16 составляет 131 кВт, расчетная нагрузка линии от рубильников Р3, Р15 составляет 150 кВт.

Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ «ТП1нов.» приведен в приложении В.

Питающие кабели принимаются с медными многопроволочными жилами сечением 4х185 кв.мм.

Схема расчетная электроснабжения потребителей 0,4 кВ от «ТП1нов.» приведена в приложении Г.

В здании 29.1 размещается трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами мощностью по 250 кВА (2БКТП-250), которая предназначена для питания потребителей отопления и вентиляции общественного центра.

Каждое из «ВРУ1/4» ... «ВРУ1/8» общественного центра, выделенных для питания потребителей вентсистем и отопления,

присоединяется двумя радиальными кабельными линиями к разным секциям РУ-0,4 кВ трансформаторной подстанции.

Питающие кабели принимаются марки ВБбШв – бронированные с медными многопроволочными жилами сечением 4x185 кв.мм.

В здании 29.2 размещается трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами мощностью 630 кВА (2БКТП-630), которая предназначена для питания остальных потребителей общественного центра, потребителей ЦТП, наружного освещения и коттеджей-гостиниц №№ 7-10, 17-21, 24-26.

ВРУ общественного центра: «ВРУ1/1» (нагрузка освещения и розеточной сети), «ВРУ1/2» (нагрузка кафе), «ВРУ1/3» (потребители I категории), а также «ВРУ<sub>ЦТП</sub>» и «ВРУ<sub>НО</sub>» присоединяются каждое двумя радиальными кабельными линиями к разным секциям РУ-0,4 кВ указанной трансформаторной подстанции.

Питающие кабели принимаются марки ВБбШв – бронированные с медными многопроволочными жилами сечением 4x70, 4x95, 4x120, 4x185 кв.мм.

Электроснабжение ВРУ коттеджей-гостиниц, выполняется по двум кабельным линиям от разных секций РУ-0,4 кВ трансформаторной подстанции с организацией шлейфов. При этом, для электроснабжения коттеджей-гостиниц №№ 17, 18, 24, 25 и №№ 19, 20, 26, 21 предусматривается установка наружных распределительных пунктов РП25 и РП26 с двумя секциями 0,4 кВ, к которым радиально двумя кабельными линиями присоединяются ВРУ этих коттеджей-гостиниц.

Питающие кабели принимаются бронированными марки ВБбШв:

- с многопроволочными медными жилами сечением 4x95 кв.мм для шлейфов;

- с медными жилами сечением 4x16, 4x25, 4x35 кв.мм для радиальных линий от РП25, РП26.

В здании 29.3 размещается трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами мощностью по 250 кВА (2БКТП-250), которая предназначена для питания коттеджей-гостиниц №№ 11, 12, 14-16, 22, 23, 27, 28.

Электроснабжение ВРУ этих коттеджей-гостиниц, выполняется аналогично питанию ВРУ коттеджей от трансформаторной подстанции в здании 29.2: шлейфом и с установкой наружного РП.

Выполняются следующие шлейфы питания коттеджей:

- ВРУ зданий №14 и 15;
- ВРУ зданий №16 и 11.

Для ВРУ здания №12 предусматривается радиальное питание от РУ-0,4 кВ 2БКТП-250 (здание N29.3).

У здания № 27 предусмотрена установка наружного распределительного пункта РП27 с двумя секциями 0,4 кВ, к которым радиально двумя кабельными линиями присоединяются ВРУ коттеджей-гостиниц №№ 22, 23, 27, 28.

Электроснабжение в рабочем режиме – электроприемники общественного центра I категории надежности электроснабжения обеспечиваются электроэнергией от двух секций шин «ВРУ1/3» (с аппаратурой АВР на вводе), подключенных через автоматические выключатели с моторным приводом, к вводам питающих кабельных линий от разных секций шин РУ-0,4 кВ 2БКТП-630 (здание N29.2).

Электроснабжение в рабочем режиме – потребители электроэнергии ЦТП (I категории надежности электроснабжения) обеспечиваются электроэнергией от одной секции шин «ВРУ<sub>цтп</sub>» (с аппаратурой АВР на вводе), подключенной через автоматические выключатели к вводам питающих кабельных линий от разных секций шин РУ-0,4 кВ 2БКТП-630 (здание N29.2).

Электроснабжение в рабочем режиме – электроприемники горнолыжной деревни II категории надежности электроснабжения обеспечиваются электроэнергией от ВРУ с двумя секциями шин, либо от ВРУ с одной секцией

шин, подключенных, через автоматические выключатели, к вводам питающих кабельных линий от разных секций шин РУ-0,4 кВ 2БКТП.

Рабочее питание секций РУ-0,4 кВ трансформаторных подстанций в рабочем режиме предусматривается от своего трансформатора 6/0,4 кВ.

Рабочее питание секций КРУ-6 кВ выполняется от своего источника внешнего электроснабжения по отдельной кабельной линии 6 кВ.

Электроснабжение в аварийном режиме – при пропадании напряжения на одном из вводов «ВРУ1/3», переключение питания электроприемников I категории на второй ввод, осуществляется автоматически:

- при пропадании напряжения на одном из вводов происходит переключение на второй ввод;

- после устранения неисправности, при восстановлении сетевого питания одного из вводов шин РУ-0,4 кВ 2БКТП-630 (здание N29.2), производится отключение автоматического выключателя от второго ввода и включение автоматического выключателя на своем вводе.

Электроприводы выключателей имеют возможность перехода на ручное управление. Для исключения ошибочных действий при переключениях, электроприводы имеют электрическую и механическую блокировку, автоматические выключатели снабжены механической блокировкой, исключающей возможность одновременного включения рабочего и резервных выключателей.

При пропадании напряжения на одном из вводов «ВРУ<sub>цтп</sub>» с аппаратурой АВР на вводе, переключение питания электроприемников на второй ввод осуществляется автоматически:

- при пропадании напряжения на рабочем вводе происходит переключение на резервный ввод;

- после устранения неисправности, при восстановлении сетевого питания на рабочем вводе от шины РУ-0,4 кВ 2БКТП-630 (здание N29.2), производится

отключение контактора на резервном вводе и включение контактора на рабочем вводе.

В аварийном режиме переключение питания электроприемников II категории при пропадании напряжения на одном из вводов щита ВРУ с двумя секциями шин, осуществляется следующим образом:

- при отключении автоматического выключателя на одном из вводов, вручную включается автоматический выключатель на питание от второго ввода (в этом случае питание обеих секций щита ВРУ будет осуществляться от одного из вводов, по питающей кабельной линии от одной секций шин РУ-0,4 кВ 2БКТП);

- после устранения неисправности, для восстановления рабочего режима, вручную отключается автоматический выключатель от второго ввода и включается автоматический выключатель на рабочий ввод соответствующей секции.

В аварийном режиме переключение питания электроприемников II категории при пропадании напряжения на одном из вводов щита ВРУ с одной секцией шин, осуществляется следующим образом:

- при отключении автоматического выключателя на рабочем вводе вручную включается автоматический выключатель на резервном вводе соответствующей секции (в этом случае питание секции щита ВРУ будет осуществляться по второй питающей кабельной линии от другой секции шин РУ-0,4 кВ 2БКТП);

- после устранения неисправности, для восстановления рабочего режима, отключается автоматический выключатель на резервном вводе и включается вручную автоматический выключатель на рабочем вводе соответствующей секции.

Для исключения ошибочных действий при переключениях, автоматические выключатели снабжены механической блокировкой,

исключающей возможность одновременного включения рабочего и резервного выключателей на одном вводе.

На секциях РУ-0,4 кВ и КРУ-6 кВ трансформаторных подстанций также имеется возможность ручного переключения питания двух секций 0,4 кВ от одного трансформатора (секционная перемычка) и двух секций КРУ-6 кВ по одной питающей линии 6 кВ (секционная перемычка).

#### **2.4 Размещение электрооборудования, заземление и освещение блочной комплектной трансформаторной подстанции**

Блочные комплектные трансформаторные подстанции (БКТП) проектируются и изготавливаются предприятием ООО "Модуль".

2БКТП – блочные комплектные трансформаторные подстанции 6/0,4 кВ с двумя трансформаторами: одна из которых мощностью до 630 кВА включительно, две другие мощностью до 250 кВ включительно, предназначены для электроснабжения горнолыжного комплекса "Гора Белая".

Нормальная работа подстанций обеспечивается при следующих условиях (природно-климатические условия в соответствии с СНиП 11-03-2001, ГОСТ 15150 и ГОСТ 12243.1):

- высота установки над уровнем моря не более 1000 м;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, -45°C;
- среднесуточная относительная влажность воздуха до 80% при плюс 15°C;
- отсутствие в окружающей среде токопроводящей пыли, химически активных газов и испарений;
- БКТП не предназначена для работы в условиях тряски и вибрации, а также во взрывоопасных местах.

Основные технические характеристики 2БКТП-630/6/0,4-05-У1 приведены в таблице 2.

Основные технические характеристики 2БКТП-250/6/0,4-05-У1 приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Основные технические характеристики 2БКТП-630/6/0,4-05-У1

Наименование параметра	Значение
Мощность силового трансформатора, кВА	630
Номинальное напряжение на стороне высокого напряжения, кВ	10
Пиковое рабочее напряжение на стороне высокого напряжения, кВ	12
Номинальное напряжение на стороне низкого напряжения, кВ	0,4
Ток термической стойкости в течении 1 с.: - на стороне высокого напряжения, кА - на стороне низкого напряжения, кА	8 и 20 до 25
Ток электродинамической стойкости на стороне высокого напряжения, кА	52
Уровень изоляции РУВН по ГОСТ 1516.3	2 кВ/1 мин
Уровень изоляции РУНН по ГОСТ 51321.1	для $U_{ном}=600В$
Сопротивление изоляции цепей: - на стороне высокого напряжения, МОм - на стороне низкого напряжения, МОм	$\geq 1000$ $\geq 1$
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	$\approx 220$
Степень защиты БКТП по ГОСТ 14254	IP43

Таблица 3 – Основные технические характеристики 2БКТП-250/6/0,4-05-У1

Наименование параметра	Значение
Мощность силового трансформатора, кВА	250
Номинальное напряжение на стороне высокого напряжения, кВ	10
Пиковое рабочее напряжение на стороне высокого напряжения, кВ	12
Номинальное напряжение на стороне низкого напряжения, кВ	0,4
Пиковое рабочее напряжение на стороне низкого напряжения, кВ	1600
Ток термической стойкости в течении 1 с.: - на стороне высокого напряжения, кА - на стороне низкого напряжения, кА	8 и 20 до 25
Ток электродинамической стойкости на стороне высокого напряжения, кА	52
Уровень изоляции РУВН по ГОСТ 1516.3	2 кВ/1 мин
Уровень изоляции РУНН по ГОСТ 51321.1	для $U_{ном}=600В$
Сопротивление изоляции цепей: - на стороне высокого напряжения, МОм - на стороне низкого напряжения, МОм	$\geq 1000$ $\geq 1$
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	$\approx 220$
Степень защиты БКТП по ГОСТ 14254	IP43

БКТП изготавливается в виде отдельного бетонного блока заводской готовности, укомплектованного оборудованием и обеспечивающего минимальный объем строительных и монтажных работ при установке у потребителя и соответствуют требованиям ТУ 3412-001-76490395-2005.

Подстанции 2БКТП-630 и 2БКТП-250 состоят из двух железобетонных блоков (БТП-1 и БТП-2) в комплекте с двумя кабельными блоками и двумя металлическими маслосборниками.

БТП представляет собой объемный железобетонный блок, разделенный на два отсека. В одном отсеке размещается силовой трансформатор, в другом высоковольтное и низковольтное оборудование.

2БКТП-630 и 2БКТП-250 включают в себя оборудование полной заводской готовности:

- компактное распределительное устройство (КРУ), состоящего из герметизированного шкафа высокого напряжения с элегазовой изоляцией (тип SafeRing);
- силовые трансформаторы (тип ТМГ-630/6У1 и ТМГ-250/6У1);
- распределительные устройства низкого напряжения (РУНН), состоящие из шкафов распределительных, низкого напряжения (тип НКУ-01(02)-12-1600);
- автоматическое включение резерва АВР-0,4;
- шкаф общего учета электроэнергии (тип ШУ-1);
- ящик собственных нужд (тип ЯСН-МУ 3-2-В);
- высоковольтные кабели;
- низковольтные кабели.

В качестве компактного распределительного устройства на напряжение 10 кВ применяется КРУ с элегазовой изоляцией типа SafeRing фирмы Schneider electric на четыре присоединения: три с линейным выключателем нагрузки – ввод, отходящая линия, секционная связь; и одно с элегазовым выключателем в цепи трансформатора.



В КРУ устанавливается микропроцессорное максимальное токовое реле типа VIP-30 с обратозависимой токо-временной характеристикой для защиты трансформаторов. Реле VIP-30 при защите замыканий на землю имеет следующие диапазоны работы:

- время срабатывания защиты от 0,02 до 0,12 сек;
- ток срабатывания от 0,10 x In до 1,20 x In.

Технические характеристики выключателей в 2БКТП-630 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики выключателей в 2БКТП-630

Наименование	Выключатель нагрузки	Вакуумный выключатель
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	12
Номинальный ток, А	630	200
Отключающая способность:		
- ток нагрузки, А	630	140
- ток короткого замыкания, кА		21
Выключающая способность, кА	52,2	52,5
Номинальный ток термической стойкости, кА	21	21

Технические характеристики выключателей в 2БКТП-250 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики выключателей в 2БКТП-250

Наименование	Выключатель нагрузки	Вакуумный выключатель
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	12
Номинальный ток, А	250	200
Отключающая способность:		
- ток нагрузки, А	250	140
- ток короткого замыкания, кА		21
Выключающая способность, кА	52,2	52,5
Номинальный ток термической стойкости, кА	21	21

Питание токового реле осуществляется от трансформаторов тока. Токовое реле имеет функцию защиты от перегруза трансформатора. Все коммутационные аппараты и рабочие механизмы находятся в полностью

герметичном корпусе из нержавеющей стали наполненном элегазом, что обеспечивает высокий уровень защиты и безопасности.

В 2БКТП-630 устанавливаются силовые трансформаторы трехфазные маслянные типа ТМГ, мощностью до 630 кВА, напряжением 6 /0,4 кВ со схемой соединения обмоток  $\Delta/Y_n - 0$ . Диаметр нулевой втулки трансформатора равен диаметрам втулок фаз. Трансформаторы в герметичном исполнении (внутренний объем не имеет сообщения с окружающей средой). Для контроля полноты заполнения бака маслом, трансформаторы снабжаются поплавковым маслоуказателем расположенным на крышке. Применение трансформаторов ТМГ позволяет уменьшить затраты на обслуживание в ходе эксплуатации.

В 2БКТП-250 устанавливаются силовые трансформаторы трехфазные маслянные типа ТМГ, мощностью до 250 кВА, напряжением 6 /0,4 кВ со схемой соединения обмоток  $\Delta/Y_n - 0$ . Диаметр нулевой втулки трансформатора равен диаметрам втулок фаз. Трансформаторы в герметичном исполнении (внутренний объем не имеет сообщения с окружающей средой). Для контроля полноты заполнения бака маслом, трансформаторы снабжаются поплавковым маслоуказателем расположенным на крышке. Применение трансформаторов ТМГ позволяет уменьшить затраты на обслуживание в ходе эксплуатации.

Баки трансформаторов ТМГ прямоугольной формы без маслорасширителя. Для подъема бака и трансформатора в сборе используются крюки, расположенные под верхней рамой бака. На крышке бака имеется кран (пробка) для залива масла, внизу бака имеются пробка для спуска масла, кран (пробка) для взятия пробы, болт заземления. Вводы ВН и НН расположены на крышке.

Трансформаторы типа ТМГ, снабжены указателем предельного уровня масла. Трансформаторное масло перед заливкой дегазируется, проверяется на соответствие стандартам. В трансформаторе масло не имеет контакта с воздухом. Благодаря этому процесс старения масла протекает чрезвычайно медленно. Исключается увлажнение масла, его окисление и шлакообразование.

Трансформаторы ТМГ, имеют повышенную электрическую прочность изоляции вследствие применения при их заливке маслом глубокого вакуума, который полностью обеспечивает удаление воздуха из обмоток и изоляционных деталей активной части. Трансформаторы ТМГ практически не требуют расходов на предпусковые работы и на обслуживание в эксплуатации, не нуждаются в профилактических ремонтах.

Охлаждение масла в трансформаторах ТМГ осуществляется с помощью радиаторов.

Конструкция трансформатора показана на рисунке 2.

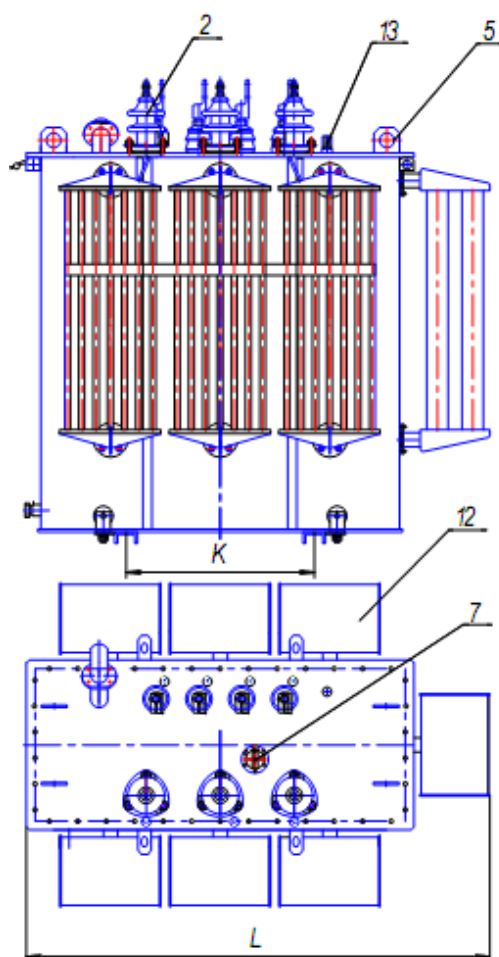


Рисунок 2 – Конструкция трансформатора:

1 - ввод НН; 2 - ввод ВН; 4 - табличка паспортная; 5 - петли подъемные; 6 - пробка для слива масла; 7 - привод переключателя; 10 - клемма заземления; 11 - маслоуказатель; 12 - радиатор; 13 - клапан сброса давления; 14 - мембранно-предохранительное устройство

На трансформаторах типа ТМГ для обеспечения выброса газов и масла из трансформатора при внутренних повреждениях и от избыточного давления в баке свыше 1,5÷2,0 атм. (150÷200) кПа установлено мембранно-предохранительное устройство (МПУ). Трансформаторы ТМГ снабжены коробкой зажимов вспомогательных цепей устройств сигнализации и защиты. Контакты термометрического сигнализатора и мановакуумметра выведены в клеммную колодку.

Основные эксплуатационные характеристики ТМГ:

- гарантированный срок эксплуатации трансформатора ТМГ-630 – 3 года со дня ввода трансформатора в эксплуатацию;
- установленная наработка на отказ – не менее 25000 ч.;
- полный срок службы ТМГ-630 – не менее 30 лет;
- частота питающей сети – 50Гц;
- напряжение на стороне ВН – 6; 6,3; 10; 10,5; 27,5; 35 кВ;
- напряжение на стороне НН – 0,4; 0,23 и 0,69 кВ.

В качестве распределительного устройства 0,4 кВ применен шкаф распределительный низкого напряжения типа НКУ-01(02)-12-1600 УЗ на 12 отходящих фидеров с номинальным током 400 и 630 А (устанавливаемых по требованию заказчика) левого (01) или правого (02) исполнения.

Шкафы НКУ-0,4 кВ комплектуются низковольтным оборудованием фирмы АВВ: вводным выключателем нагрузки типа OETL на номинальный ток 1600 А, модульными вертикальными фидерами серии InLine типа XLBM2 и автоматическими выключателями на 100 А для питания ящика собственных нужд.

В каждом блоке устанавливается ящик собственных нужд типа ЯСН. От ЯСН запитывается внутреннее освещение блока подстанции, со стороны отсека РУ и отсека трансформатора напряжением ≈220 В.

С помощью установленного в ЯСН ручного переключателя осуществляется выбор питания ЯСН от НКУ одного из блоков установленных

в 2БКТП. Кроме того, имеется возможность присоединения внешних потребителей с номинальным током до 63 А, подключаемых к лабораторным клеммам ЯСН.

В 2БКТП устанавливается АВР-0,4 кВ, состоящего из двух шкафов, каждый из которых находится в камере соответствующего БКТП.

Секционные выключатели (QF4, QS9) АВР соединяются между собой гибкой перемычкой из трех проводов ПВ - 1х240 на каждую фазу.

В нормальном режиме питания вводные автоматы (QF3, QF5) включены и питают каждый свою сборку от соответствующего трансформатора (независимые источники питания). Секционный автомат QF4 нормально отключен. При нарушении электроснабжения со стороны любого из питающих лучей (симметричном снижении фазных напряжений до величины  $0,77 U_{ф.ном.}$ , снижении напряжения на любой из трех фаз до величины  $0,6 U_{ф.ном.}$ , обрыве одной, двух или трех фаз, обратном порядке чередования фаз) схема АВР с выдержкой времени (в диапазоне 1-30 с) отключает соответствующий вводной автомат и включает секционный, подавая тем самым питание на сборку 0,4 кВ от неповрежденного источника. Таким образом, осуществляется взаимное резервирование двух независимых источников питания каждой из сборок подстанции. При восстановлении нормального питания схема с выдержкой времени 25 с возвращается в исходное состояние (отключается секционный автомат, после чего без выдержки времени включается вводной).

Заземление проектируемых 2БКТП-630 и 2БКТП-250 выполняется в соответствии с главой 1.7 ПУЭ.

Внутренний контур заземления КРУ-10 кВ, НКУ-0,4 кВ и АВР-0,4 выполняется единым, отсеки БТП-1, БТП-2 связаны между собой и внешним контуром заземления стальной полосой 40х4 мм.

Внешний контур заземления выбирается в соответствии с проектом фундамента, обеспечивающий соответствующее сопротивление менее 4 Ом в любое время года.

Расчет заземляющего устройства приведен ниже.

Сопротивление заземляющего устройства 6 кВ с изолированной нейтралью должно быть не более 10 Ом (п.1.7.96 ПУЭ).

Сопротивление заземляющего устройства 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью должно быть не более 4 Ом (п.1.7.101 ПУЭ).

Заземляющее устройство выполняем в виде контура из стальной полосы 5х40мм, проложенной на глубине не менее 0,5 м вокруг здания.

Определяем удельное сопротивление грунта для горизонтального заземлителя по формуле 1.

$$R_{\text{расч}} = k_c \cdot \rho,$$

(1)

где  $k_c$  - коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей;

$\rho$  - удельное сопротивление грунта взятое из инженерно-геологических разрезов.

$$R_{\text{расч}} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ Ом/м}$$

Общая длина полосы складывается из размеров БКТП и расстояния от БКТП до заземлителя.

$$L = 4 \times (4,92 + 2,0) = 27,68 \text{ м}$$

Определяем сопротивление горизонтального заземлителя (сопротивление полосы заземления) по формуле 2.

$$r_r = (0,366 \cdot R_{\text{расч.}} / L) \cdot \lg (2 \cdot L^2 / b \cdot t),$$

(2)

где  $R_{\text{расч}}$  - удельное сопротивление грунта для горизонтального заземлителя, Ом/м;

$L$  - длина полосы, м;

$b$  - ширина полосы, м;

$t$  - глубина заложения, м.

$$r_{\Gamma} = (0,366 \cdot 300 / 27,68) \cdot \lg (2 \cdot 27,68^2 / 0,05 \cdot 0,7) = 18,4 \text{ Ом}$$

Предварительно принимаем в контуре восемь вертикальных заземлителей.

Найдем коэффициент использования полосы заземления по табл. 7.4 (П.Д. Рожкова, В.С. Козулин) при следующих условиях  $a / l = 3,5 / 5 = 0,7$ .

Коэффициент использования полосы  $n_{\Gamma} = 0,48$ .

Находим сопротивление полосы в контуре из четырех вертикальных заземлителей:

$$R_{\Gamma} = r_{\Gamma} / n_{\Gamma} = 18,4 / 0,48 = 38,3 \text{ Ом}$$

Определяем общее сопротивление вертикальных заземлителей по формуле 3.

$$R_{\text{в}} = R_{\Gamma} \cdot R_3 / (R_{\Gamma} + R_3),$$

(3)

где  $R_3$  - требуемое сопротивление заземлителя, Ом.

$$R_{\text{в}} = 38,3 \cdot 4 / (38,3 + 4) = 4,5 \text{ Ом.}$$

Определяем удельное сопротивление грунта для вертикальных заземлителей по формуле 4.

$$P_{\text{расч}} = k_c \cdot \rho,$$

(4)

где  $k_c$  - коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей.

$$P_{\text{расч}} = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Находим сопротивление одного вертикального заземлителя, расположенного в двуслойной почве с различными удельными сопротивлениями по формуле 5.

$$r_{\text{в}} = [(0,366 \cdot P_{\text{расч.}}) / L] \cdot \{ \lg (2 \cdot L / d) + 0,5 \cdot \lg [4 \cdot (t + L) / (4 \cdot (t - L))] \},$$

(5)

где  $L$  - длина стержня, м;

$d$  - диаметр стержня, м;

$t$  - глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, м.

$$r_B = (0,366 \cdot 125 / 5) \cdot \{ \lg (2 \cdot 5 / 0,018) + 0,5 \cdot \lg [4 (3,2 + 5) / (4 (3,2 - 5))] \} = 25,62 \text{ Ом}$$

Определяем количество вертикальных заземлителей.

Коэффициент использования вертикальных заземлителей (по табл. 7.5 Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин)  $n_B = 0,72$ .

$$n_B = r_B / R_B \cdot n_B = 25,62 / (4,5 \cdot 0,72) = 7,9 \approx 8 \text{ шт.}$$

Расчетное количество вертикальных стальных заземлителей для контура заземления БКТП - 8 штук, диаметром 18 мм, длиной 5 м.

Мероприятие по молниезащите 2БКТП выполнено, так как металлическая арматура каркаса объемного и кабельного блоков имеет металлическую связь с внутренним контуром заземления, дополнительных мер не требуется.

Для двух 2БКТП-250 расчет заземления выполняется аналогично.

Размещение электрооборудования, заземление и освещение 2БКТП-630 приведено в приложении Д.

## **2.5 Схема электроснабжения сети наружного освещения**

Питание групп наружного освещения предусматривается от отдельного «ВРУ<sub>НО</sub>» с двумя вводами, с аппаратурой, обеспечивающей переключения и защиту, а также учет потребляемой электроэнергии.

В цепи групповых линий устанавливаются автоматические выключатели.

Выбор защитной аппаратуры и сечение питающих кабелей щитков производится по номинальным параметрам, с проверкой допустимого падения напряжения у потребителей, чувствительности аппаратуры к токам короткого замыкания (КЗ) и термической стойкости кабелей к токам КЗ.



Схема расчетная «ВРН<sub>НО</sub>» приведена в приложении Ж.

Электроснабжение «ВРУ<sub>НО</sub>» осуществляется от 2БКТП-250 секция 2 (здание N 29.1).

## 2.6 Прокладка кабелей и сеть наружного освещения

Наружное освещение выполняется светильниками типа ЖКУ11-70-001 УХЛ1.

Светильники комплектуются натриевыми лампами типа ДНаТ мощностью 70 Вт.

Светильники типа ЖКУ11-70-001 УХЛ1 применяются для освещения улиц, магистралей, площадей, парковых зон, внутридворовых территорий, платформ ж/д станций.

Общий вид светильника ЖКУ11-70-001 УХЛ1 показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид светильника типа ЖКУ11-70-001 УХЛ1

Корпус светильника ЖКУ11-70-001 изготовлен из алюминия методом глубокой вытяжки с последующей электрохимической обработкой.

В зоне расположения лампы выполняет функцию отражателя.

Защитное стекло из светостабилизированного поликарбоната, устойчивое к ультрафиолетовому излучению.

Уплотнительная прокладка между корпусом и защитным стеклом из войлока.

Замки крепления защитного стекла к корпусу из нержавеющей стали.

Светильник ЖКУ11-70-001 монтируется на Г-образных кронштейнах опор под углом 0–20° к горизонту.

Диаметр трубы оголовника кронштейна 48 мм.

Высота установки 4–12 м.

В светильниках применяются электронные пускорегулирующие аппараты типа ЭПРАН.

Общий вид электронного пускорегулирующего аппарата ЭПРАН представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Электронный пускорегулирующий аппарат

ЭПРАН предназначены для зажигания и электропитания натриевых ламп в режиме вечернего, утреннего и ночного освещения с сохранением равномерности светового потока вдоль линии освещения.

ЭПРАН представляет собой электронное устройство, включаемое между сетью и лампой для ограничения тока лампы на уровне требуемого значения, трансформации напряжения сети, обеспечения напряжением для зажигания лампы и исправления коэффициента мощности.

ЭПРАН обеспечивает:

- экономию электроэнергии за счет функции управления мощностью лампы.
- комфортное освещение, благодаря стабильности светового потока и отсутствию низкочастотных пульсаций света;
- стабильную мощность в течение всего срока службы лампы, повышение срока службы ламп;
- экономичность благодаря высокому к.п.д. (не менее 0,92);
- коррекцию коэффициента мощности (коэффициент мощности не менее 0,96);
- защиту при возникновении аномальных режимов (неисправна или отсутствует лампа, короткое замыкание лампы);
- бесшумную работу за счет питания лампы током повышенной частоты;
- работу в частотном диапазоне, гарантирующем отсутствие явления акустического резонанса.

Освещенность на территории комплекса принята следующая:

- площадка для игр и отдыха – 10 лк;
- вход, въезд в комплекс – 2 лк;
- главные аллеи – 6 лк;
- боковые аллеи – 1 лк.

Расчетная схема сети наружного освещения приведена в приложении И.

Напряжение сети наружного освещения принимается 380/220 В с глухозаземленной нейтралью, напряжение ламп – 220 В.

От «ВРУ<sub>НО</sub>» получают питание пять групп сети наружного освещения.

Суммарная потребляемая мощность сети наружного освещения:

$$P = 140_{\text{свет.}} \times 0,07 \text{ кВт} \times 1,1 = 10,78 \text{ кВт.}$$

Расчетный ток сети наружного освещения  $I_p = 19,26 \text{ А}$ .

По результатам расчета на главных аллеях опоры устанавливаются с шагом ~ 20-30 м.

На боковых аллеях опоры располагаются на расстоянии ~ 15-30 м друг от друга.

В местах расположения площадок для игр и отдыха опоры устанавливаются по углам площадок для обеспечения равномерности освещения.

Управление наружным освещением выполняется автоматически от реле с фотодатчиком и по месту кнопками, установленными в шкафу управления наружным освещением.

Схема управления наружным освещением показана на рисунке 5.

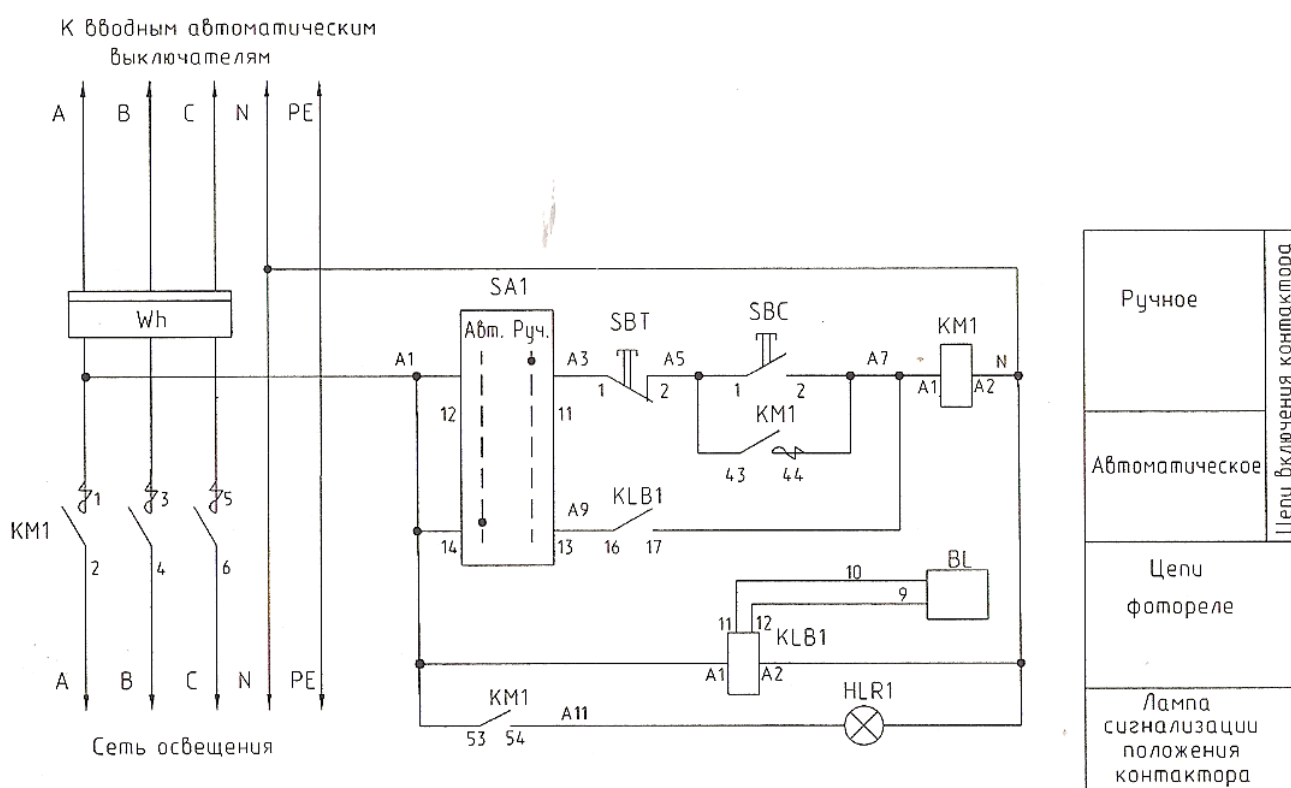


Рисунок 5 – Схема управления наружным освещением:

KM1 – контактор ESB40-40/230 с катушкой 230В и приставкой ЕН04-20; HLR1 – лампа CL-523R красная со встроенным светодиодом 230В AC; KLB1 – реле фотоэлектронное РФС-11 с фотодатчиком BL; SBT – кнопка «Стоп» 1НЗ СР1-30R-01; SBC – кнопка «Пуск» 1НО СР1-30R-01; SA1 – переключатель двухпозиционный с фиксацией С2SS1-10В-11; Wh – счетчик прямого включения типа ЦЭ6823М, 5-50А

Групповые кабели наружного освещения прокладываются в траншее, в земле.

При пересечении с подземными коммуникациями кабель прокладывается в асбоцементной трубе на участке пересечения плюс 2 м.

При пересечении с автодорогами прокладка кабелей выполняется на глубине не менее 1 м от полотна автодороги в асбоцементных трубах.

Раскладка кабелей по территории приведена в приложении К.

Прокладка питающих кабельных линий 6 и 0,4 кВ выполняется в земле, в траншее, в основном вдоль автодорог.

Взаиморезервные кабели 6 кВ электроснабжения 2БКТП-250 (здание №29.3) прокладываются по разным трассам.

Прокладку кабелей в траншеях выполнять в соответствии с типовой работой А5-92.

При пересечении с автодорогами прокладка кабелей выполняется на глубине 1 м в асбоцементных трубах.

При пересечении с подземными коммуникациями кабели защищаются трубой в месте пересечения.

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В экономической части производится расчет размера капитальных вложений, необходимых для выполнения системы электроснабжения и наружного освещения горнолыжного комплекса «Гора Белая».

Капитальные вложения состоят из затрат на приобретение оборудования, материалов, комплектующих; транспортных расходов; заготовительно-складских расходов; затрат на установку и монтаж оборудования.

#### 3.1 Расчет затрат на оборудование, материалы и комплектующие

Расчет затрат на оборудование системы электроснабжения и наружного освещения приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты на оборудование

Оборудование	Необходимое количество, шт.	Цена единицы, руб.	Стоимость, руб.
1	2	3	4
Вводно-распределительное устройство «ВРУ <sub>НО</sub> »:			
- разъединитель РЕ19 на 250А	1	-	50 824
- автоматический выключатель типа РМС1-32/32/32А	2	9 187	18 374
- счетчик ЦЭ6822 на 5-50А	2	6 340	12 680
- контактор типа ЕSB40-40/230	1	3 055	3 055
- катушка 230В	1	4 170	4 170
- приставка типа ЕН04-20	1	1 180	1 180
- красная лампа со встроенным светодиодом 230В АС	1	1 600	1 600
- кнопка «Стоп» типа СР1-30R-01	1	270	270
- кнопка «Пуск» типа СР1-30R-01	1	250	250
- переключатель двухпозиционный типа С2SS1-10В-11	1	250	250
- автоматический выключатель типа S203M С10 63/10А	1	555	555
- корпус щитка	7	520	3640
	1	4800	4800
Вводно-распределительное устройство «РП25», «РП27»:	2	-	4 436
- предохранитель типа ПН2-250 с $I_{пл.вст.} = 100А$	12	47	564
- предохранитель типа ПН2-250 с $I_{пл.вст.} = 125А$	12	47	564
- корпус щитка	1	1 090	1 090

## Окончание таблицы 6

1	2	3	4
Вводно-распределительное устройство «РП26»: - предохранитель типа ПН2-250 с $I_{пл.вст.} = 100A$ - предохранитель типа ПН2-250 с $I_{пл.вст.} = 125A$ - корпус щитка	1 18 6 1	- 47 47 1 090	2 208 846 282 1 090
Реле фотоэлектрическое с фотодатчиком VL типа РФС-11	1	730	730
Предохранитель однополюсный на 220В, 50Гц, 25А, $I_{пл.вст.} = 6,3A$ типа Е 27ПФ-25/220	113	1 620	183 060
Коробка соединительная клеммная с зажимами типа КС-10	53	700	37 100
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-1 (150-240)ЭМ	36	2 300	82 800
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-1 (25-50)ЭМ	26	1 030	26 780
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-1 (70-120)ЭМ	28	1 290	36 120
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-1 (25-70)ЭМ	26	1 110	28 860
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-1 (95-150)ЭМ	6	1 340	8 040
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-10 (25-50)ЭМ	10	1 050	10 500
Муфта концевая термоусаживаемая типа 4КВТПнг-10 (150-240)ЭМ	2	2 350	4 700
Светильник наружного освещения пылевлагозащищенный для натриевой лампы типа ЖКУ11-70-001 УХЛ1	113	2260	255 380
Лампа натриевая высокого давления 220В, 70Вт, типа ДНаТ70	113	495	55 935
Опора металлическая шестигранная высотой 8,5 м	34	19 600	666 400
Опора металлическая шестигранная высотой 4,0 м	19	14 100	267 900
Кронштейн на три светильника	27	1015	27 405
Кронштейн на два светильника	6	960	5 760
Кронштейн на один светильник	20	560	11 200
Фундамент опор	53	15 000	795 000
Фундаментный блок	6	24 500	147 000
ИТОГО:			2 708 138

Расчет затрат на материалы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на материалы

Оборудование	Необходимое количество, шт./м	Цена единицы, руб.	Стоимость, руб.
Кабель силовой типа ВБбШв-1:	-	-	-
- сечением 4x185 мм <sup>2</sup>	3050	3700	11 285 000
- сечением 4x95 мм <sup>2</sup>	1490	1892	2 819 080
- сечением 4x35 мм <sup>2</sup>	880	749	659 120
- сечением 4x25 мм <sup>2</sup>	490	548	268 520
- сечением 4x16 мм <sup>2</sup>	40	345	13 800
- сечением 5x6 мм <sup>2</sup>	1700	177	300 900
Кабель силовой типа ВВГнг сечением 5x16 мм <sup>2</sup>	20	356,36	7 127
Кабель силовой типа ВБбШв-6 сечением 3x50 мм <sup>2</sup>	970	1035	1 003 950
Провод монтажный типа ПВ3 сечением 1,5 мм <sup>2</sup>	1350	10,15	13 702
Труба из ПЭ-80 диаметром 110 мм, толщиной стенки 8,1 м	60	170,4	10 224
Труба асбестоцементная типа БНТ-150 диаметром 150 мм, длиной 3,95 м	515	650	334 750
Муфта типа БНМ-150	340	115	39 100
ИТОГО:			16 755 273

Расчет затрат на металлические конструкции приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на металлические конструкции

Оборудование	Необходимое количество, м	Цена единицы, руб.	Стоимость, руб.
Полоса стальная 4x40	15	75	1 125
Уголок стальной 50x50x5	60	155	9 300
Сталь круглая диаметром 16 мм, длиной 5 м	4	475	1 900
Лист Б-ПН-НО-2x1000x2000	18	34 200	615 600
ИТОГО:			627 925

Итого затраты на оборудование, материалы и комплектующие на организацию системы электроснабжения и наружного освещения составляют:

$$C_0 = 2\,708\,138 + 16\,755\,273 + 627\,925 = 20\,091\,336 \text{ руб.}$$



### **3.2 Расчет транспортных расходов**

Транспортные затраты на доставку материалов определяются на основании калькуляций транспортных расходов или по согласованию с заказчиком принимаются в размере не более 3% от отпускной цены на материалы и изделия.

$$C_{\text{тр}} = 20\,091\,336 \cdot 0,03 = 602\,740 \text{ руб.}$$

### **3.3 Расчет заготовительно-складских расходов**

Заготовительно-складские расходы на оборудование не более 1,2% от стоимости оборудования.

$$C_{\text{з-с.об.}} = 2\,708\,138 \cdot 0,012 = 32\,498 \text{ руб.}$$

Заготовительно-складские расходы на материалы принимаются в размере не более 20% от стоимости материалов (за исключением металлических конструкций).

$$C_{\text{з-с.м.}} = 16\,755\,273 \cdot 0,2 = 32\,498 \text{ руб.}$$

Заготовительно-складские расходы по металлическим конструкциям принимаются в размере 0,75% от стоимости материалов.

$$C_{\text{з-с.м.к.}} = 627\,925 \cdot 0,075 = 47\,094 \text{ руб.}$$

Итого заготовительно-складские расходы на организацию системы электроснабжения и наружного освещения составляют:

$$C_{\text{з-с.}} = 32\,498 + 32\,498 + 47\,094 = 112\,090 \text{ руб.}$$

### **3.4 Расчет на монтаж электрооборудования**

Затраты на монтаж электрооборудования на территории горнолыжного комплекса приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на монтаж

Наименование монтажных работ и затрат	Количество шт.	Цена ед., руб.	Стоимость руб.
1	2	3	4
Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением до 2,5 мм <sup>2</sup> (100 жил)	2	1054	2 108
Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением до 6 мм <sup>2</sup> (100 жил)	28	2862	80 136
Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением до 10 мм <sup>2</sup> (100 жил)	16	2634	42 144
Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением до 16 мм <sup>2</sup> (100 жил)	52	2376	123 552
Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением до 50 мм <sup>2</sup> (100 жил)	38	1991	75 658
Сметная стоимость сборки, подключения и монтажа щитков и ВРУ, 15% от их стоимости	-	-	57 468 · 0,15 = 8 620
Итого по монтажным работам			332 218

Таким образом, находим капитальные вложения на организацию системы электроснабжения и наружного освещения, по формуле:

$$K_{\text{вв}} = C_0 + C_{\text{тр}} + C_{\text{з-с}} + C_{\text{м}}, \quad (6)$$

где  $C_0$  - стоимость затрат на оборудование, руб.;

$C_{\text{тр}}$  - стоимость затрат на транспортировку, руб.;

$C_{\text{з-с}}$  - стоимость заготовительно-складских расходов, руб.;

$C_{\text{м}}$  - затраты на монтажные работы, руб.

Подставив значения из таблиц в формулу (6), получим:

$$K_{\text{вв}} = 20\,091\,336 + 602\,740 + 112\,090 + 332\,218 = 21\,138\,384 \text{ руб.}$$

**Вывод:** для организации системы электроснабжения и наружного освещения горнолыжного комплекса «Гора Белая» составляют 21 138 384 руб.

## **4. ЭКОЛОГИЯ И БЖД**

### **4.1 Техника безопасности**

В работе предусмотрены следующие мероприятия по технике безопасности:

а) для предотвращения неправильных операций с оборудованием предусмотрены механические блокировки в каждой ячейке КРУ с мнемосхемой указания подключений. Дополнительно имеется возможность запираания приводов навесными замками;

б) в НКУ-0,4 кВ имеется механическая блокировка включения секционного выключателя нагрузки при заземлении сборных шин 0,4 кВ, так же с навесными замками;

в) для утечки масла из трансформатора, в кабельном полуподвале устанавливается бак под полный объем масла трансформатора.

### **4.2 Противопожарная безопасность**

В работе предусмотрены следующие мероприятия по пожарной безопасности:

а) камеры каждой БКТП разделены перегородкой из негорючих материалов с пределом огнестойкости 45 минут;

б) все отверстия в перекрытиях, панелях и кабельных блоках под прокладку кабелей (проводов) и отверстия под временные схемы питания заглушены негорючим материалом;

в) трансформаторы типа ТМГ являются герметичными.

Категория помещения БКТП по пожаробезопасности (Д) согласно НПБ 105-03.

В помещении БКТП огнетушители должны размещаться у входов.

### 4.3 Экологичность применения натриевых ламп высокого давления

Для наружного освещения территории горнолыжного комплекса применяются светильники типа ЖКУ11-70-001 УХЛ1 с натриевыми лампами типа ДНаТ мощностью 70 Вт.

Эксплуатация объекта в нормальном режиме слабо загрязняет окружающую природную среду. По специфическому вкладу в экологическую ситуацию электрическое освещение можно отнести к «мягко» влияющим производствам. Загрязнение водной, воздушной среды и почвы, как правило, происходит лишь во время строительства и частично при ремонтных работах.

К специфическим воздействиям нашего проекта на окружающую среду относятся:

- акустический шум;
- электропоражение птиц, сающихся на провода, изоляторы и конструкции опор, необходимых для реализации проекта.

Наиболее существенно выполнение системы электроосвещения комплекса влияет на орнитофауну. Птицы осуществляют гнездование на опорных конструкциях, на которых устанавливаются выбранные нами светильники, что в свою очередь приводит к перекрытию изоляционных промежутков.

Неспецифическое отрицательное воздействие на окружающую природу оказывается в основном на начальной стадии реализации проекта в результате вырубки леса, отчуждения определенной территории под конструкции опор для установки светильников, а также их размещения, нарушении устойчивости поверхностного слоя почвы, ограничения использования земли в охранной зоне парка.

Минимальный ущерб для природной среды обеспечивается ландшафтно-экологическим сопровождением проекта на всех стадиях его сооружения

и функционирования. Основой такого сопровождения является региональная ландшафтно-экологическая информация многоцелевого назначения.

Ландшафтно-экологические карты могут служить основой выбора природоохранных мероприятий на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации электрических сетей, в том числе при ее расширении и техническом перевооружении. Природоохранные мероприятия должны не только обеспечивать защиту природных систем от негативного воздействия системы электроосвещения парка, но и исключать негативное влияние окружающей среды на нормальную работу системы.

Значительное шумовое воздействие (акустический шум) на окружающую среду производят балласты пускорегулирующего аппарата (ПРА), устанавливающиеся вместе со светильниками необходимые для включения и поддержания горения существующих ртутных или предлагаемых натриевых ламп. Чем больше «возраст» светильника, тем более явственно слышится назойливое гудение. Это объясняется просто. Балласт пластины, со временем расшатываются и вибрируют.

Однако вредное воздействие электроосвещения на окружающую среду не ограничивается шумом.

При реализации проекта электроосвещения вредное действие на живые организмы, и в первую очередь на человека, связано с использованием натриевых ламп – ДНаТ, которые содержат в себе натриево-ртутную амальгаму и ксенон.

Использование газовых смесей различного состава, в данном случае амальгама натрия (сплав с ртутью) очень негативно влияет на организм человека, но это значительно безопаснее, чем использование старых ртутных ламп – ДРЛ, в которых содержание ртути составляет до 100 мг паров ртути.

При вдыхании воздуха, содержащего пары ртути в концентрации не выше 0,25 мг/м<sup>3</sup>, последняя полностью задерживается в легких. В случае более

высоких концентраций паров в атмосфере возможен и другой путь их проникновения в организм – через неповрежденную кожу.

В зависимости от количества ртути и длительности ее поступления в организм возможны:

- острые отравления;
- хронические отравления;
- микромеркуриализм.

Наиболее чувствительны к ртутным отравлениям женщины и дети.

Опасные концентрации ртутных паров создаются при разрушении стеклянных аппаратов, содержащих нагретую до высокой температуры ртуть.

При выборе ламп для светильников учитывались не только экономические показатели но факторы влияющие на окружающую среду. Электрическое оборудование необходимое для реализации проекта оказывает многостороннее, комплексное экологическое воздействие. В связи с этим, задачей специалистов является разработка мероприятий, обеспечивающих оптимальное сосуществование электроэнергетики, природы и человека.

#### **4.4 Экологичность**

В результате эксплуатации объекта негативного воздействия на территорию, условия землепользования и геологическую среду происходить не будет. Использование земельных ресурсов соответствует их разрешенному целевому назначению.

Эксплуатация БКТП не будет сопровождаться выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Уровень электромагнитного поля не превысит допустимых значений.

Санитарно-защитная зона объекта устанавливается в границах площадки БКТП.

Источники возможного загрязнения водных объектов (поверхностных и подземных) отсутствуют.

Утилизация отходов, образующихся в процессе эксплуатации объекта, предусматривается специализированными организациями, имеющими лицензию на право обращения с отходами, для переработки и размещения.

Объект не нарушит среды обитания и условий размножения животных, не является зоной сезонного перелета птиц, не требует использования растительных ресурсов.

Обязательным условием эксплуатации объекта являются:

- соблюдение норм и правил в области охраны окружающей среды;
- заключение договоров для передачи отходов специализированным предприятиям на переработку;
- своевременный вывоз отходов.

В период проведения строительных работ воздействие на окружающую природную среду будет носить кратковременный характер.

С целью снижения негативного влияния строительных работ на окружающую природную среду необходимо предусмотреть следующее:

- исключение пролива технических жидкостей на землю при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. При загрязнении грунта вредными веществами его следует вынуть и заменить;
- складирование строительного и бытового мусора на строительной площадке в специально выделенных для этого местах;
- своевременный вывоз строительного мусора на свалку;
- оснащение всего специального автотранспорта каталитическими нейтрализаторами, что позволит снизить выбросы отработанных газов дизельных двигателей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена система электроснабжения горнолыжного комплекса «Гора Белая».

Приведено описание состава потребителей – зданий и сооружений горнолыжного комплекса.

Разработана схема электроснабжения БКТП горнолыжного комплекса. Выполнен расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ БКТП.

Разработана схема электроснабжения вводно-распределительных щитков и распределительных пунктов от БКТП.

Для питания БКТП, ВРУ и РП выбраны питающие кабели, номинальные токи расцепителей автоматических выключателей.

Выполнен расчет сети заземления БКТП.

Выполнена молниезащита здания БКТП.

Выполнены светотехнический расчет и схема электроснабжения наружного освещения.

В экономической части произведен расчет капитальных затрат на организацию системы электроснабжения горнолыжного комплекса «Гора Белая».

В разделе безопасность и экологичность работы рассмотрены техника безопасности, пожарная безопасность, экологичность применения натриевых ламп высокого давления.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ангарова Т.В, Кашенева В.В. / Справочник по электроснабжению промышленных предприятий – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 624 с. ил.
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. Гриф МО РФ. - М.: Форум. 2016. – 385 с.
3. Афонин А.М. / Энергосберегающие технологии в промышленности. Учебное пособие. Гриф МО РФ. – М.: Форум. 2015. – 217 с.
4. Барыбин Ю.Г. / Справочник по проектированию электроснабжения.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
5. Быстрицкий Г.Ф. / Общая энергетика. Учебник. - М.: Кнорус. 2016. – 243 с.
6. Васильев А.А., Крючков И.П.; Под ред. Васильева А.А. / Электрическая часть станций и подстанций – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с: ил.
7. Герасименко А.А. / Передача и распределение электрической энергии (для бакалавров). – М.: Кнорус. 2014. – 156 с.
8. Замницкий В.А., Каплун А.В., Папир А.Н., Умов В.А. / Справочник: лопастные насосы. - Л: Машиностроение Ленинградское отделение, 1986. -334 с.: ил.
9. Кацман М.М / Справочник по электротехническим машинам. - М.: Академия. 2005. – 480 с.
10. Кнорринг Г.М / Справочная книга для проектирования электрического освещения. - М.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
11. Кудрин Б.В. / Электроснабжение. Учебник для студентов учреждений ВПО. - М.: Академия. 2013. – 305 с.

12. Неклепаев Б.В. / Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - СПб.: БХВ-Петербург. 2014. – 187 с.

13. Правила устройства электроустановок / Минэнерго РФ. – 7-е изд., Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 г. № 204.

14. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат. 1987. - 648 с.: ил.

15. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. / Основы электроснабжения. - М.: Юрайт. 2016. – 173 с.

16. Фёдоров А.А., Сербиновский Г.В. / Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия. 1980. – 576 с.: ил.

17. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1987. - 368с.: ил.

18. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. / Основы электроснабжения. Учебное пособие, 1-е изд. - М.: Лань. 2013. – 194 с.

19. Шабад В.К. / Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. - М.: Академия. 2013. – 232 с.

20. Шеховцов В.П. / Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению - М.: Форум. 2011. – 137 с.