

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса
«Абакан».
тема

Руководитель	_____	<u>доцент, к.т.н.</u>	<u>Е. В. Платонова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>С. У. Шокиров</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2023

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Шокирову Сафарали Урозматовичу
(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 18 (З-18)

Специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код) (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».

Утверждена приказом по институту № 287 от 17.05.2023 г.
Руководитель ВКР Е. В. Платонова, доцент каф. «Электроэнергетика», к.т.н., доцент ХТИ – филиал СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для дипломного ВКР генплан легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан», ведомость нагрузок и потребителей Перечень разделов ВКР

1 Теоретическая часть. Расчет нагрузок и электрических сетей жилых и общественных зданий

1.1 Методы расчета нагрузок жилых и общественных зданий

1.2 Особенности расчета электрических сетей жилых и общественных зданий

2 Аналитическая часть. Характеристика легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».

2.1 Общие сведения

2.2 Перечень установленного оборудования

2.3 Обоснование необходимости Электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».

3. Практическая часть. Расчет электрической сети 0,4 кВ спорт комплекса

3.1 Расчет нагрузки

3.1.1 Расчет освещения

3.1.2 Расчет нагрузок на освещение

3.1.3 Расчет силовых нагрузок и розеточных групп

3.2 Выбор и компоновка электрической сети

3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов

3.4 Выбор защитной аппаратуры

3.5 Выбор электрических проводников для питания распределительных пунктов и электроприемников

3.6 Расчет токов короткого замыкания

3.7 Проверка защитной аппаратуры

3.8 Выбор молниевой защиты и заземления

Перечень графического материала:

1. Расчетная схема сети 0,4 кв

2. Рабочее освещение: Фрагмент плана первого этажа

3. Магистрالی. План первого этажа

Руководитель ВКР _____

подпись

Е. В. Платонова
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись,

С. У. Шокиров
инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса Абакан», содержит 64 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

СПОТРКОМПЛЕКС, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, ОСВЕЩЕНИЕ, СВЕТОДИ-ОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ, РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ЗАЩИТНАЯ АППАРАТУРА, КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВАЯ ПРОДУКЦИЯ, РАСПРЕДЕЛИ-ТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДО-ВАНИЯ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ И МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

Объект проектирования – легкоатлетический манеж спортивного комплекса «Абакан» Республики Хакасия.

Предмет проектирования – электрическая сеть общественного здания с учетом методов расчета силовых и осветительных нагрузок.

Теоретическая часть содержит особенности электроснабжения общественных объектов, в том числе спортивных комплексов, и дается общая характеристика зданий и потребителей электроэнер-гии, с их параметрами, в том числе электрическими, такими как коэффициент мощности, номинальное напряжение, установленная мощность электроприемников.

В расчетной части производился светотехнический расчет системы освещения, ее электротехнический расчет, а также разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов с учетом розеточных групп.

Практическая часть содержит предлагаемый проект электрической части здания легкоатлетический манеж спортивного комплекса «Абакан» Республики Хакасия, выбор коммутационных аппаратов, кабельнопроводниковой продукции, силовых и осветительных щитов.

С целью проверки отклонения напряжения на соответствие современным нормам производится проверка спроектированной сети электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан» Республики Хакасия по допустимым потерям напряжения.

Немаловажным является и тот момент, как расчет токов короткого замыкания, а также проверка оборудования на устойчивость к токам КЗ. Все необходимые проверки подтвердили правильность проделанных расчетов, связанных с электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».

Значимость настоящей ВКР определяется возможностью применения полученных решений на практике, внедрении проекта электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан» на данном объекте и на объектах, близких по своей структуре и отраслевой принадлежности.

THE ABSTRACT

Final qualification work on the topic "Designing a power supply system for a cultural center with. Pervomaiskoye Bogradskiy district "contains 64 pages of a text document, 25 used sources, 3 sheets of graphic material, no attachments.

HOUSE OF CULTURE, ELECTRIC NETWORK, LIGHTING, LED-ONE LAMPS, CALCULATION OF ELECTRIC LOADS, PROTECTIVE EQUIPMENT, CABLE-CONDUCTOR PRODUCTS, DISTRIBUTION-CURTAIN DUCT

The design object is a house of culture with. Pervomayskoye Bogradsky district of the Republic of Khakassia.

The design subject is the electrical network of a public building, taking into account the methods of calculating power and lighting loads.

The theoretical part contains the features of power supply to public facilities, including houses of culture, cultural and entertainment institutions, and provides a general description of buildings and electricity consumers, with their parameters, including electrical ones, such as power factor, rated voltage, installed capacity of electrical consumers.

In the calculation part, the lighting calculation of the lighting system, its electrical calculation, as well as the division of electrical receivers into groups and the calculation of the loads of power points, taking into account the socket groups, were carried out.

The practical part contains the proposed project of the electrical part of the building of the house of culture with. Pervomaiskoe Bogradskiy district of the Republic of Khakassia, selection of switching devices, cable and wire products, power and lighting boards.

In order to check the voltage deviation for compliance with modern standards, the designed power supply network of the building of the house of culture with. Pervomayskoye Bogradsky district of the Republic of Khakassia for permissible voltage losses.

An important point is also the calculation of short-circuit currents, as well as checking the equipment for resistance to short-circuit currents. All the necessary checks confirmed the correctness of the calculations done related to the design of the power supply system of the house of culture with. Pervomaiskoe Bogradsky district.

The significance of this WRC is determined by the possibility of applying the solutions obtained in practice, the introduction of a project for the power supply of the house of culture with. Pervomayskoye Bogradsky district at this facility and at facilities that are similar in structure and industry.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Теоретическая часть. Расчет нагрузок и электрических сетей жилых и общественных зданий.....	9
1.1 Методы расчета нагрузок жилых и общественных зданий.....	9
1.2 Особенности расчета электрических сетей жилых и общественных зданий.....	12
2 Аналитическая часть. Характеристика легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».....	15
2.1 Общие сведения.....	15
2.2 Перечень установленного оборудования	22
2.3 Обоснование необходимости проектирования системы электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».....	23
3 Практическая часть. Расчет электрической сети 0,4 кВ дома культуры....	24
3.1 Расчет нагрузки	24
3.1.1 Расчет освещения	24
3.1.2 Расчет нагрузок на освещение	34
3.1.3 Расчет силовых нагрузок и розеточных групп.....	34
3.2 Выбор и компоновка электрической сети	42
3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов.....	47
3.4 Выбор защитной аппаратуры.....	48
3.5 Выбор электрических проводников для питания распределительных пунктов и электроприемников.....	50
3.6 Расчет токов короткого замыкания	52
3.7 Проверка защитной аппаратуры.....	57
3.8 Выбор молниевой защиты и заземления	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Жилые и общественные здания с течением времени постоянно совершенствуются в инженерном и дизайнерском плане. Параллельно совершенствуются и обновляются нормы проектирования подобных объектов. Появляется необходимость проектирования систем электроснабжения общественных зданий с учетом этих норм, в том числе касательно надежности и качества электроснабжения различных потребителей, включенных в электрическую сеть здания.

В современном здании вне зависимости от его особенностей и назначения требуются различные инженерные сети. Коммуникации в жилых, административных и других зданиях должны устанавливаться на основе предварительно составленных проектов. Комплексное инженерное проектирование – это профессиональные работы, направленные на создание проектов всех необходимых инженерных сетей для комфортной эксплуатации здания.

Проектирование систем электроснабжения общественных зданий начинается с разработки перечня будущих электроприемников, в котором отражается необходимая мощность, уровень нагрузок и генплан. В то же время актуальность развития таких систем электроснабжения определяет удобство дальнейшего пользования данными системами, обеспечивает приемлемое качество жизни и присутствия на таких объектах.

Необходимо при проектировании систем электроснабжения общественных зданий учитывать главным образом безопасность людей, так как может быть непосредственный контакт человека с напряжением при использовании некачественных, испорченных, сломанных и не сертифицированных электроприборов.

Объект проектирования – легкоатлетический манеж спортивного комплекса «Абакан» Республики Хакасия.

Предмет проектирования – электрическая сеть общественного здания с учетом методов расчета силовых и осветительных нагрузок.

Цель ВКР – произвести электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан», внутренних электрических сетей данного объекта.

Задачи ВКР:

- дать общую характеристику легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»;
- рассмотреть особенности электроснабжение общественных зданий;
- дать обзор методов расчета нагрузок для систем электроснабжение общественных зданий, в том числе легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»;
- произвести обоснование необходимости электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»;
- рассчитать силовые и осветительные нагрузки легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»;
- произвести выбор и расчет схемы электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»;
- выбрать основное электрооборудование легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан», распределительные пункты, щитки, коммутационно-защитную аппаратуру и кабельную продукцию;
- произвести расчет токов короткого замыкания в системе электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан» и проверку оборудования по условиям срабатывания от токов короткого замыкания;
- рассчитать системы заземления и молниезащиты зданий легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан».

1 Теоретическая часть. Расчет нагрузок и электрических сетей жилых и общественных зданий

1.1 Методы расчета нагрузок жилых и общественных зданий

Методы расчета нагрузок жилых и общественных зданий определяются, прежде всего, документом – сводом правил СП 256.1325800.2016 [14]. На сегодняшний день этот СП претерпел четыре изменения. Одни из последних изменений касаются дизайна помещений, органичности решений, архитектурно-художественного оформления самих общественных зданий и систем их освещения. Безусловно, есть и другие нормы, содержащие требования, в частности, в области строительного проектирования, в сфере пожарной безопасности и т.д. Например, сеть аварийного эвакуационного освещения должна быть запитана от панели АВР (для электроприемников I категории) и выполнены огнестойкими кабелями.

Но в отношении проектирования электропроводок освещения и розеточных групп для подключения силовых электроприборов свод правил СП 256.1325800.2016 в совокупности учитывает все требования безопасности, в том числе электрической. Также данный свод правил согласуется и с СП 52.13330.2016 [15], регламентирующим нормы проектирования, прежде всего, искусственного освещения.

Целью расчета электрических нагрузок является определение токов, протекающих по токоведущим элементам с точки зрения их допустимости по условиям нагрева элементов. Расчет электрических нагрузок является определяющим на величину затрат в СЭС жилых и общественных зданий [3, 14].

Выполняемое для любого объекта, проектирование электроснабжения обязательно содержит в себе расчет мощности, который призван определить основные электротехнические параметры установки. Для небольших жилых зданий и помещений он выполняется достаточно просто, а вот с крупными строениями необходимо учитывать различные факторы. Расчет электриче-

ских нагрузок общественных зданий редко осуществляется с учетом каждого потребителя – такая примитивная методика отнимает очень много времени у ответственного специалиста и не может применяться при возможности дальнейшего изменения свойств формируемой установки.

В отдельных случаях проектирование может осуществляться исключительно с применением нормативных документов государственного значения. Единственный недостаток подобного способа – необходимость уточнения соответствия полученных показателей фактическим потребностям. Проблема заключается в том, что большинство сборников нормативных показателей составлялось более 20 лет назад – за это время развитие техники и общественной жизни людей сделало подобные показатели неактуальными.

Расчет электрических нагрузок жилых и общественных зданий производится групповым способом – для этого потребители объединяются в однородные группы, которым присваивается определенное среднее значение энергопотребления. В сборниках можно найти основные данные, которые применяются для магазинов, кафе, ресторанов, квартир, частных домов, а также общественных зданий [14].

Правильное и обоснованное определение электрических нагрузок обеспечивает рациональный выбор числа и мощности трансформаторных подстанций, сечений проводов и кабелей, электрооборудования.

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения питающей сети и вводов общественных зданий принимают по табл. П1.3 [14].

Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, питающих и групповых сетей эвакуационного и аварийного освещения зданий, освещения витрин и световой рекламы принимают равным 1.

Коэффициенты спроса для расчета электрических нагрузок линий, питающих освещение в залах, клубах и спорткомплексах, принимают равными 0,35 для регулируемого освещения 0,2 – для нерегулируемого.

Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки, P_{pp} определяют по формуле, кВт:

$$P_{pp} = k_{cp} P_{yp} n_p, \quad (1.1)$$

где k_{cp} – расчетный коэффициент спроса;

P_{yp} - установленная мощность розетки;

n_p – число розеток.

При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку P_{po} определяют по формуле, кВт:

$$P_{po} = P'_{po} + P_{pp}, \quad (1.2)$$

где P'_{po} - расчетная нагрузка линий общего освещения, кВт;

P_{pp} - расчетная нагрузка розеточной сети, кВт.

Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов P_p с определяют по формуле, кВт:

$$P_p = k_{cc} P_{yc}, \quad (1.3)$$

где k_{cc} – расчетный коэффициент спроса;

P_{yc} – установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных), кВт.

Коэффициенты спроса для расчета нагрузки вводов, питающих и распределительных линий силовых электрических сетей общественных зданий определяют по таблицам [14].

Расчетную нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения P_p определяют по формуле, кВт:

$$P_p = k (P_{p.o} + P_{pc} + P_{pxc}), \quad (1.5)$$

где k - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок [14];

$P_{p.o}$ – расчетная нагрузка освещения, кВт;

P_{pc} – расчетная нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин, кВт;

P_{pxc} – расчетная нагрузка холодильного оборудования, кВт [14].

1.2 Особенности расчета электрических сетей жилых и общественных зданий

В общественных зданиях, в том числе различных спорткомплексов, имеются разветвленные сети электроснабжения, прокладываемые, как правило, в период выполнения скрытых работ, до завершения черновой отделки.

На каждой отходящей от ВРУ питающей линии устанавливают аппарат защиты. Аппарат управления может быть общим для нескольких линий, сходных по назначению и режиму работы.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения присоединяют к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита ТП или от ВРУ. Так, например, при двухтрансформаторной ТП рабочее, эвакуационное и аварийное освещение присоединяют к разным трансформаторам. Силовые распределительные пункты, щиты и щитки располагают, как правило, на тех же этажах, где находятся электроприемники. Силовые электроприемники, присоединяемые к распределительным пунктам, щитам и щиткам, группируют с учетом их технологического назначения.

Электроприемники небольшой, но равной или близкой по значению установленной мощности соединяют в "цепочку", что обеспечивает экономию проводов и кабелей, а также уменьшение количества аппаратов защиты на распределительных пунктах [9].

Групповые распределительные щитки осветительной сети по архитектурным условиям располагают на в коридорах и т.п.

Отходящие от щитков групповые линии могут быть: однофазными (фаза + нуль); двухфазными (две фазы + нуль); трехфазными (три фазы + нуль).

Предпочтение следует отдавать трехфазным четырехпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в шесть раз меньшую потерю напряжения по сравнению с однофазными групповыми линиями.

Существуют нормы по устройству групповых осветительных сетей. Распределение нагрузок между фазами сети освещения должно быть по возможности равномерным. Это относится к групповым линиям освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, и т.п. В целях экономии электроэнергии в помещениях с боковым естественным освещением предусматривают автоматическое отключение светильников рядами, параллельными окнам, в зависимости от требуемой освещенности.

Согласно таблице 6.1 СП 256.1325800.2016 [14] упомянутого выше документа категория электроприемников по надежности электроснабжения спорт комплексов зависит от числа работающих сотрудников в здании. Если это небольшие здания, где количество персонала не превышает 50 человек, то здание относится к III категории, если свыше 50 человек – то к II категории, при условии, что число людей не превышает 2000 человек, а само здание – до 16 этажей. В противном случае это уже будет I категория электроснабжения электроприемников здания. Данный СП, в частности, регламентирует все основные положения и особенности электроснабжения, свойственные домам культуры и развлекательным центрам.

Глава 7.1 ПУЭ [11] регламентирует кроме всего прочего, электроустановки спорт комплексов, особенности питания и 13

распределения электрической энергии. Требуется, чтобы силовые и осветительные сети имели, как правило, отдельное питание: розеточные сети – от силовых пунктов, светильники – от осветительных щитков. При этом необходимо стремиться к наиболее равномерному распределению однофазных нагрузок по всем трем фазам, учитывая суммарные моменты нагрузок, для компенсации несимметрии. Противоречий между ПУЭ и указанным выше СП 256.1325800.2016 не имеется, и отчасти эти документы заимствовали друг у друга нормативные материалы.

Следует отметить, что при использовании и проектировании электротехнических устройств спорт комплексов требуется использование СП 76.13330.2016 [16], регламентирующего монтаж и наладку указанных устройств, в том числе аппаратов защиты, освещения, кабельно-проводниковой продукции и т.д. Для проектирования искусственного освещения зданий спорт комплексов и развлекательных центров требуется соблюдение норм, указанных в СП 52.13330.2016 [15], с учетом норм освещенности и разряда зрительных работ для каждого отдельно взятого помещения а также геометрии помещений. При этом принимаемые проектные решения должны согласовываться также с нормами СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания и ГОСТ Р 55710-2013 [1], регламентирующим освещение рабочих мест, способы измерения освещенности и т.д.

Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения общественных зданий после их внедрения на практике – задача многофункциональная и трудоемкая. Данная сфера постоянно совершенствуется и усложняется в силу появления новых технологий и оборудования. Требования к качеству электрической энергии и надежности электроснабжения также повышаются. Для решения поставленных задач в данной сфере необходимо применение вычислительной техники, а также высокий профессионализм.

2. Аналитическая часть. Характеристика легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»

2.1. Краткая характеристика объекта проектирования

Объект проектирования расположен по адресу: Республике Хакасия, г. Абакан, ул. Катанова, д. 10. Спортивный комплекс «Абакан» — крупнейшее спортивное сооружение Республики Хакасия и юга Красноярского края. Открылся 1 июня 2010 года. Комплекс в короткое время обрёл известность как динамично развивающийся спортивный объект с мощной материально-технической базой, высокоорганизованной инфраструктурой, квалифицированным персоналом и прогрессивными методиками.

Основные виды деятельности:

- деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений;
- физкультурно-оздоровительная деятельность.

Спорткомплекс «Абакан» включает в себя следующие объекты спорта: универсальный спортивный зал, бассейн, административный корпус и легкоатлетический манеж в стадии строительства.

1 июня 2010 г. состоялось официальное открытие универсального спортивного зала. В сентябре 2011 г. был сдан в эксплуатацию административный корпус. С января 2014 года действует 50-ти метровый плавательный бассейн, соответствующий всем требованиям Всероссийской федерации плавания. Продолжается строительство современного крытого легкоатлетического манежа, в котором можно будет проводить соревнования высокого уровня.

Комплекс имеет уникальные возможности для проведения соревнований любого масштаба. С момента открытия в нем проводились крупные Всероссийские, региональные, республиканские и любительские соревнования по дзюдо, баскетболу, волейболу, мини-футболу, киокусинкай каратэ-до, вольной и греко-римской борьбе, тхэквондо, спортивным танцам, черлидингу, спортивной аэробике, настольному теннису и другим видам спорта.

Все объекты Спорткомплекса используются для развития физической культуры и массового спорта, для организации работы с населением в области физической культуры и спорта и для просмотра физкультурных и спортивных мероприятий. Входы в плавательный бассейн и универсальный спортивный зал спорткомплекса и пути передвижения внутри них оборудованы пандусами. Вспомогательные помещения (раздевалки, туалеты, душевые) оснащены специальным оборудованием.

Спортсооружения учреждения имеют сертификаты соответствия и включены во Всероссийский реестр объектов спорта.

Универсальный спортивный зал

Универсальный спортивный зал спорткомплекса «Абакан» предназначен для

тренировочных процессов и соревнований по баскетболу, волейболу, мини-футболу и другим видам спорта.

Размер зала — 2000 м² (40x50 м). Спортивная арена с помощью вертикальных завес может делиться на три отдельные площадки. Зал оснащен звуковым и световым оборудованием, комментаторской кабиной, системой приточно-вытяжной вентиляции. Вместимость трибуны — 1000 человек. Балкон для зрителей на 150 мест.

Тренажёрные залы

В спорткомплексе проходят занятия в залах по фитнес направлениям и в двух тренажёрных залах, где представлены тренажёры на все группы мышц, в том числе кардиотренажёры и зал свободных весов.

Спортивное оборудование позволяет тренироваться и новичкам, и профессионалам. Инструкторы помогут быстрее ориентироваться в тренажёрном зале, обучат правильной технике выполнения упражнений, разработают программу тренировок с учетом индивидуальных особенностей и пожеланий.

В зале аэробики можно заниматься различными видами аэробики: степ-аэробика, пилатес, йога, восточные танцы и т.д. Сертифицированные инструкторы помогут безопасно распределить спортивную нагрузку, добиться снижения веса, набрать мышечную массу и при этом получить удовольствие от тренировки.

Плавательный бассейн

Это современный спортивно-оздоровительный объект, включающий в себя две ванны: плавательный и детский бассейн.

Общая площадь зеркала воды плавательного бассейна 1050 м², объем воды 2100 м³, длина 50 м, ширина 21, глубина 2,0 м, разделен на 8 плавательных дорожек для плавания, ширина одной дорожки – 2,5 м.

Водоподготовка в бассейнах проходит 4 ступени очистки:

- Механическая – через систему фильтров с кварцевым песком;
- Ультрафиолетовое излучение;
- Автоматическое дозирование обеззараживающих реагентов;
- Озонирование.

Благодаря современной системе водоподготовки бассейны СК «Абакан» соответствуют требованиям СанПиН 2.1.2. 1188-03 Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества.

А так же СП 31-113-2004 и ГОСТ Р 55529-2013 Объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний.

Также в спорткомплексе «Абакан» действуют:

- восстановительный центр;
- прокат спортивного инвентаря;
- конференц-зал на 70 мест;
- детская игровая комната;

- салон красоты;
- массажный кабинет;
- магазин товаров для плавания;
- магазин спортивного питания;
- студия загара;
- кофе-бар;
- кафе.

Спорткомплекс «Абакан» — это разумное сочетание физического совершенствования и активного отдыха.

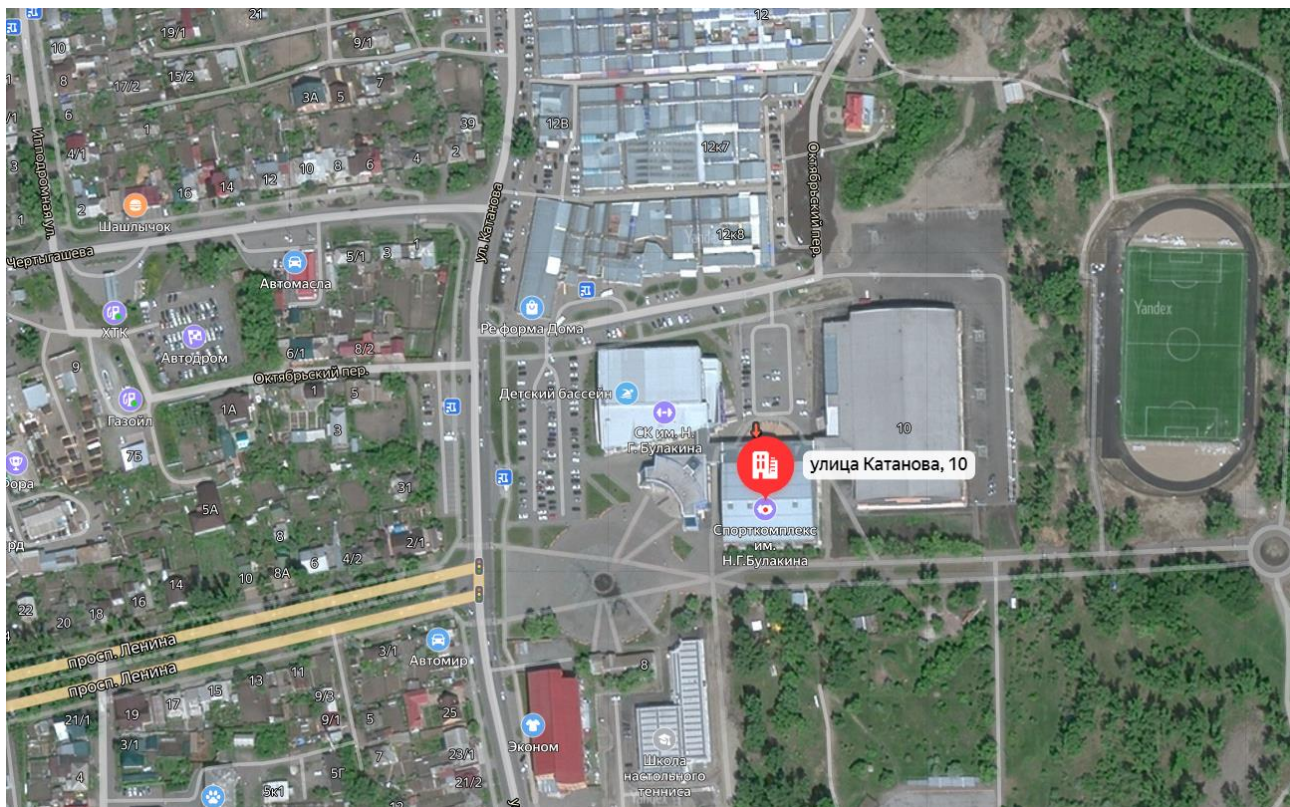


Рисунок 2.1 – Планировка территории спорткомплекса

Помимо этих объектов на территории расположены объекты благоустройства, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Спецификация объектов благоустройства

Номер на плане	Наименование объекта
1	Тамбур основной
2	Тамбур 1
3	Тамбур 2
4	Зал манежа
5	Вестибюль
6	Гардероб
7	Комната охраны
8	Коридор
9	Коридор
10	Медицинская комната
11	Ожидальня
12	Помещение уборочного инвентаря
13	Санузлы
14	Душевые
15	Бассейн сауны
16	Электрощитовая
17	Камера сухого жара с тамбуром
18	Коридор сауны
19	Комната отдыха
20	Раздевальная сауны
21	Раздевальная спортсменов
22	Раздеральные инвалидов
23	Комната тренерского состава 1
24	Комната тренерского состава 2
25	Инвентарная
26	Лестничная клетка 1
27	Бытовая помещения
28	Судейская Комната
29	Судейская коллегия
30	Помещение управление табло
31	Коридор
32	Санузел
33	Помещение секретариата
34	Коридор
35	Лестничная клетка

В задачу выпускной квалификационной работы входит разработка системы электроснабжения (СЭС) здания спорткомплекса и наружного системы освещения школьной территории.

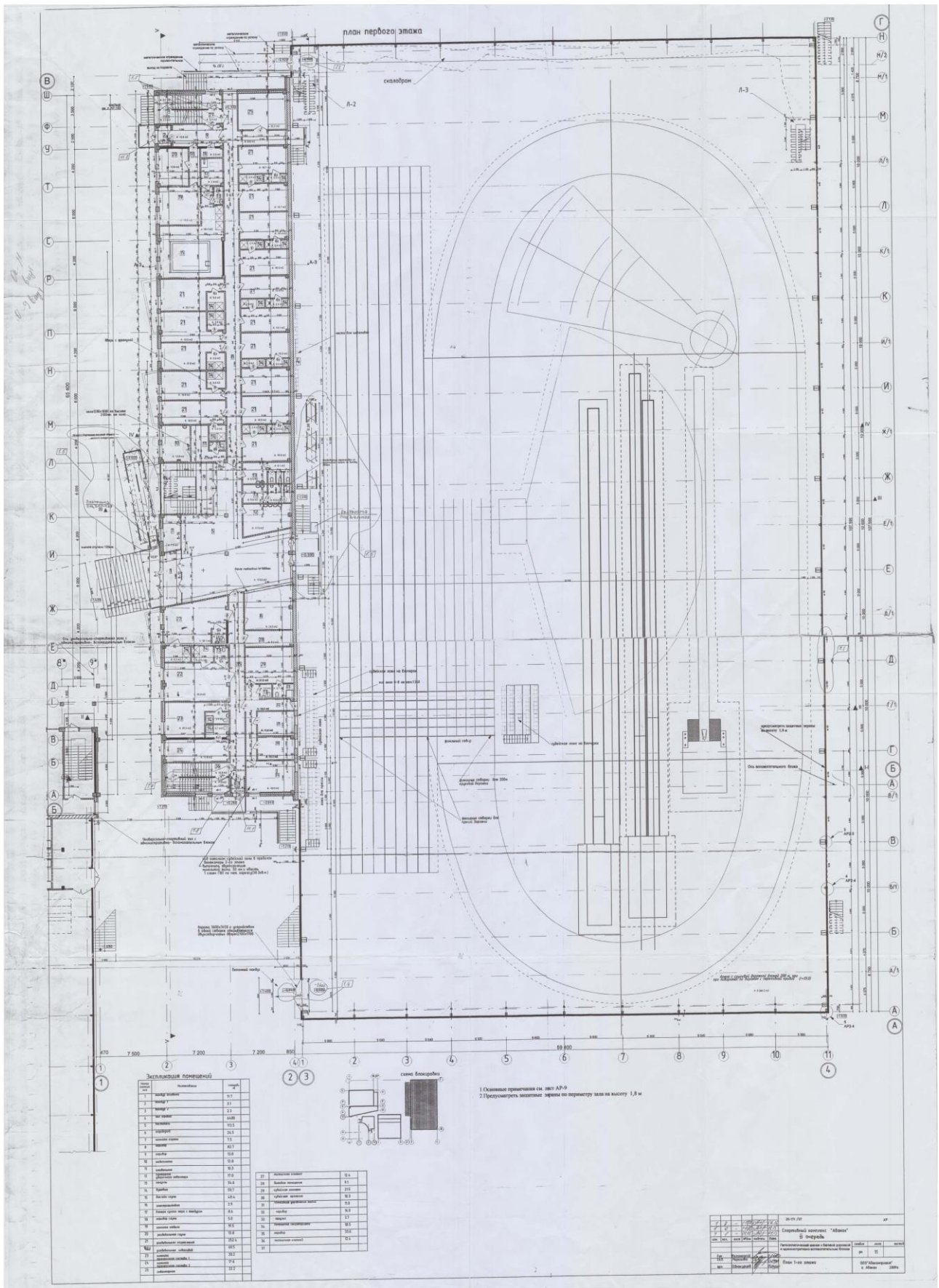


Рисунок 2.2 – Планировка здания спорткомплекса

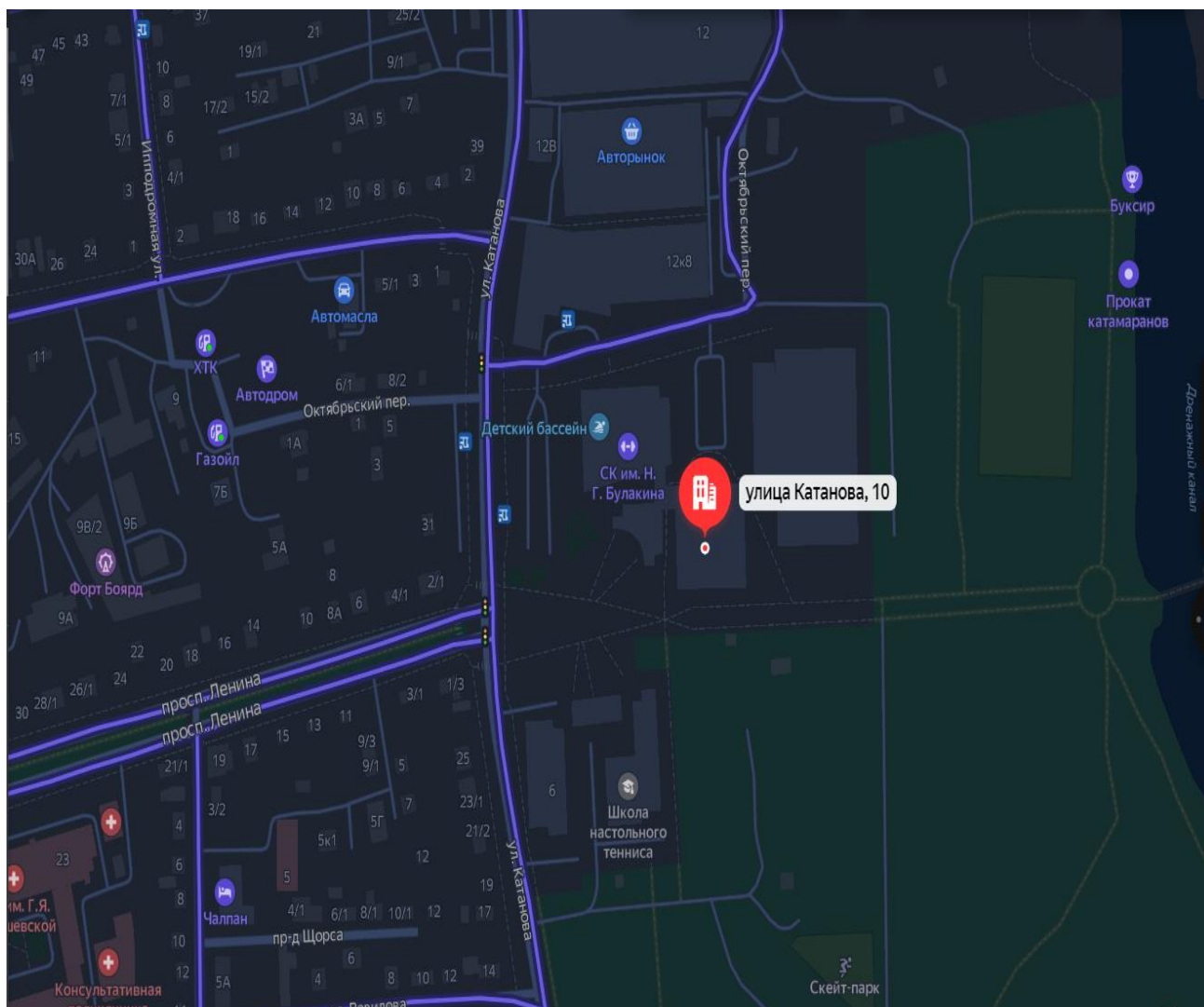


Рисунок 2.3 – Расположение объекта на местности .

Здание спорткомплекса состоит из 4 блоков – блока А, Б, В и Г . Блок Г – трехэтажный. В нем размещены спортивный блок, медицинский блок, помещения для тренерского состава, ряд технических помещений. В нижеследующем таблицах представлены данные о геометрических размерах помещений спорткомплекса.

Таблица 2.2– Данные о геометрических размерах помещений спорткомплекса (Блок Г первый этаж)

Номер на плане	Наименование объекта	Длина,м	Ширина,м	Высота,м	Площадь, м2
1	2	3	4	5	6
1	Тамбур основной	1,95	6	3,45	11,7
2	Тамбур 1	1,24	2,5	3,45	3,1
3	Тамбур 2	1,53	1,5	3,45	2,3
4	Зал манежа	59,4	107,74	6,60	6400
5	Вестибюль	6	13,8	3,45	82,8+40,7=113,5
6	Гардероб	5,7	4,29	3,45	24,5
7	Комната охраны	1,83	4,08	3,45	7,5
8	Коридор	40,8	1,5	3,45	82,7
9	Коридор	5,52	2,5	3,45	13,8
10	Медицинская комната	3,13	4,08	3,45	12,8
11	Ожидальня	2,52	4,08	3,45	10,3
12	Помещение уборочного инвентаря	5,7	2,98	3,45	17,0
13	Санузлы	5,7	6,07	3,45	34,6
14 (1)	Душевые	0,9	2,66	3,45	2,4*10 = 59,7
14 (2)	Душевые	1,9	2,05	3,45	3,9*4 = 15,6
14 (3)	Душевые	1,89	1,74	3,45	3,3
15	Бассейн сауны	6,65	7,27	3,45	48,4
16	Электрощитовая	2,43	1,2	3,45	2,9
17	Камера сухого жара с тамбуром	2,43	3,042	3,45	8,6
18	Коридор сауны	4,16	1,2	3,45	5
19	Комната отдыха	4,64	4,2	3,45	19,5
20	Раздевальная сауны	3,45	4	3,45	13,8
21.1	Раздевальная спортсменов	5,7	34,8	3,45	159,45
21.2	Раздевальная спортсменов	6,65	16,2	3,45	92,95
22	Раздевальные инвалидов	6,65	9,09	3,45	60,5
23	Комната тренерского состава 1	5,3	3,81	3,45	20,2
24	Комната тренерского состава 2	6,65	2,64	3,45	17,6
25	Инвентарная	5,7	3,89	3,45	22,2
26	Лестничная клетка 1	3,54	3,5	3,45	12,4
27	Бытовая помещения	5,7	1,59	3,45	9,1
28	Судейская Комната	5,7	3,77	3,45	21,5
29	Судейская коллегия	4,12	2,5	3,45	10,3
30	Помещение управление табло	4,12	2,66	3,45	11,0
31(1)	Коридор (1)	5,16	1,2	3,45	6,6
31(2)	Коридор (2)	2,07	1,5	3,45	3,1
31(3)	Коридор (3)	5,7	1,2	3,45	6,8
32	Санузел	2,071	1,78	3,45	3,7
33	Помещение секретариата	5,7	3,24	3,45	18,5
34	Коридор	22,4	1,5	3,45	33,6
35	Лестничная клетка	4,135	2,99	3,45	12,4

2.2 Перечень установленного оборудования

Категория потребителя по надежности электроснабжения – II и III. Настоящий объект не относится ни к сетевым ни к трансформаторным объектам. Должен быть запитан от двух не зависимых источников, с предусмотренными рабочим и аварийным режимами. Для потребителей III категории надежности в особых условиях не нуждаются.

Коммерческий учет электроэнергии осуществляется при помощи счетчика, установленного в ВРУ объекта.

Установленная мощность оборудования – 471,4 кВт.
Номинальное напряжение ~ 220/380 В;
Коэффициент мощности – 0,95.

Технологическое энергозатратное оборудование отсутствует.

Ведомость электрических нагрузок с указанием напряжения, номинальной мощности и количества электроприемников по 1 этажа здания представлена в таблицах 2.4.

Таблица 2.4 – Ведомость электрических нагрузок с указанием напряжения, номинальной мощности и количества электроприемников 1-го этажа здания

Поз. №	Наименование	U _н , В	P _н , кВт
1	Фен	220	1,5
2	Чайник	220	1,5
3	Холодильник	220	0,8
4	Микроволновка	220	1,5
5	Сушилка для рук	220	3,8
6	Оборудование управление табло	220	1,3
7	Компьютер	220	1,1
8	Принтер	220	1,1
9	Турникет	220	0,1
10	Розетки для подзарядки телефонов	220	0,9
11	Подъемная платформа	220	1
12	Освещения	220	0,1, 0,018

2.3 Обоснование необходимости электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан»

Настоящим проектом рассматривается здание спорткомплекса в рамках модернизации здания. Основным объектом возможной экономии энергии является освещение. Все светильники будут предусмотрены со люминесцентные и светодиодными источниками света.

Жилые и общественные здания с течением времени постоянно совершенствуются в инженерном и дизайнерском плане. Параллельно совершенствуются и обновляются нормы проектирования подобных объектов. В связи со строительством спорткомплекса возникла необходимость проектирования системы электроснабжения данного общественного здания с учетом актуальных норм и документов, в том числе касательно надежности и качества электроснабжения различных потребителей, планируемых к включению в электрическую сеть здания.

3 Практическая часть. Расчет электрической сети трансформаторной подстанции РТП 10/0,4 кВ спорткомплекса «Абакан»

3.1 Расчет нагрузки

3.1.1 Расчет освещения

Светотехнический расчет системы освещения помещений всех этажей здания спорт комплекса произведем методом коэффициента использования светового потока [6, 7, 11, 15].

Основная формула определения количества светильников:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

где E_{\min} – минимальная освещенность, Лк; k – коэффициент запаса; S – освещаемая площадь, м^2 ; Z – коэффициент неравномерности.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}. \quad (3.2)$$

Ввиду отсутствия помещений, к которым применяются особые требования по освещению, эвакуационное освещение выполняется с использованием светильников на аккумуляторных батареях [1, 14, 15].

Для построения системы электроосвещения помещений объекта целесообразно использовать светильники со светодиодными лампами, обеспечивающими энергосбережение и комфортную освещенность рабочих мест в общественных помещениях, кабинетах и других помещениях здания.

В качестве основного светильника выбираем светодиодный светильник типа Светильник ARS/R 4-18/595/ HF квадратной формы для общественных помещения (кабинетов, залов и т.п. (рисунок 3.1),



Рисунок 3.1 – Светильник ARS/R 4-18/595/ HF

Светильник ARS/S 2-18 HF квадратной формы для коридоров (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Светильник ARS/S 2-18 HF

Светильник НПБ 1402-60 овальной формы для душевых и санузлов.
(рисунок 3,3)



Рисунок 3.3 – Светильник НПБ 1402-60

Светильник OWP/R 4-18 квадратной формы для раздевалки спортсменов, раздевалки сауны, раздевалки инвалидов и гардероба.
(рисунок 3,4)



Рисунок 3.4 – Светильник OWP/R 4-18

Светильник ARS/R 4-18 квадратной формы для комнаты охраны, лестничной, бытовое помещения, судейская коллегия, судейская комната, помещения управления табло, медкомната, комната судейского состава и



вестибюль (рисунок 3,5)

Рисунок 3.5 – Светильник ARS/R 4-18

Светильник ARS/R 2-18 HF квадратной формы для коридоров (рисунок 3.6)



Рисунок 3.6 – Светильник ARS/R 2-18

Светильник НПП 03-100 круглой формы для инвентарная, помещения уборочного инвентаря, санузлы (рисунок 3.7)



Рисунок 3.7 – Светильник НПП 03-100

Светильник ALS/OPL 4-18 квадратной формы для ожидальная, коридор сауны, комната отдыха и бассейн сауны (рисунок 3.8)



Рисунок 3.8 – Светильник ALS/OPL 4-18

Светильник CD 160 круглой формы для камера сухого жара с тамбуром
(рисунок 3.9)



Рисунок 3.9 – Светильник ALS/OPL 4-18

Исходные данные для расчета освещения представлены в таблице 3.3. Расчет количества светильников сведен в таблицу 3.3. Размещение выбранных светильников на планах помещений спорткомплекса с указанием их марок и количества представлено в графической части и на рисунке 3.10 на планах соответствующих этажа

Таблица 3.3 – Расчет числа светодиодных светильников по этажам спорткомплекса «Абакан»

Номер по плану	Наименование помещения	Ен,лк	A	B	h	i	F, м2	Кзап	Z	Ц,о.е.	Ф, Лм	N	Число светильников ряду	Число рядов	Nфакт, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Тамбур основной	100	1,95	6	3,45	0,42	11,7	1,5	1,1	0,3	1604	4	4	1	4
2	Тамбур 1	50	1,24	2,5	3,45	0,24	3,1	1,5	1,1	0,3	852	1	1	1	1
3	Тамбур 2	50	1,53	1,5	3,45	0,21	2,3	1,5	1,1	0,3	631	1	1	1	1
4	Вестибюль	150	6	13,8	3,45	1,21	113,5	1,5	1,1	0,3	1707	40		4	10
5	Гардероб	150	5,7	4,29	3,45	0,7	24,5	1,5	1,1	0,3	2521	28		2	7
6	Комната охраны	150	1,83	4,08	3,45	0,36	7,5	1,5	1,1	0,3	720	8	1	2	2
7	Коридор	75	40,8	1,5	3,45	0,41	82,7	1,5	1,1	0,3	1577	16	1	8	8
8	Коридор	75	6	5,5	3,45	0,83	13,8	1,5	1,1	0,3	3403	4	1	1	1
9	Медицинская комната	300	3,13	4,08	3,45	0,51	12,8	1,5	1,1	0,3	878	24	2	3	6
10	Ожидальня	150	2,52	4,08	3,45	0,45	10,3	1,5	1,1	0,3	1060	8	1	2	2
11	Помещение уборочного инвентаря	150	5,7	2,98	3,45	0,56	17,0	1,5	1,1	0,3	7006	2	1	2	2
12	Санузлы	50	5,7	6,07	3,45	0,85	34,6	1,5	1,1	0,3	1189	8	2	4	8
13(1)	Душевые	50	0,9	2,66	3,45	0,19	59,7	1,5	1,1	0,3	6580	10	1	10	10
13(2)	Душевые	50	1,9	2,05	3,45	0,28	15,6	1,5	1,1	0,3	1071	4	1	4	4
13(3)	Душевые	50	1,89	1,74	3,45	0,26	3,3	1,5	1,1	0,3	904	1	1	1	1
14	Бассейн сауны	100	6,65	7,27	3,45	1,0	48,4	1,5	1,1	0,3	2659	10	2	2+1	5
15	Электрощитовая	50	2,43	1,2	3,45	0,23	2,9	1,5	1,1	0,3	802	1	1	1	1

Продолжение таблицы 3,3

Номер по плану	Наименование помещения	Ен,лк	A	B	h	i	F, м2	Kзап	Z	Ц,о.е.	Ф, Лм	N	Число светильников в ряду	Число рядов	Nфакт, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	Камера сухого жара с тамбуром	75	2,43	3,04	3,45	0,39	7,38	1,5	1,1	0,3	762	4	1	4	4
17	Коридор сауны	50	4,16	1,2	3,45	0,26	4,99	1,5	1,1	0,3	686	4	1	1	1
18	Комната отдыха	150	4,64	4,2	3,45	0,63	19,48	1,5	1,1	0,3	2009	8	1	2	2
19	Раздевальная сауны	150	3,45	4	3,45	0,53	13,8	1,5	1,1	0,3	712	16	2	2	6
20(1)	Раздевальная спортсменов	150	5,7	34,8	3,45	1,41	198,36	1,5	1,1	0,3	818	200	3	17	50
20(2)	Раздевальная спортсменов	150	6,65	16,2	3,45	1,36	107,73	1,5	1,1	0,3	740	120	3	10	30
21	Раздевальные инвалидов	200	6,65	9,09	3,45	1,11	60,44	1,5	1,1	0,3	1039	64	4	4	16
22	Комната тренерского состава 1	150	5,3	3,81	3,45	0,64	20,19	1,5	1,1	0,3	833	20	2	2+1	5
23	Комната тренерского состава 2	400	6,65	2,64	3,45	0,54	17,6	1,5	1,1	0,3	1609	24	2	3	6
24	Инвентарная	30	5,7	3,89	3,45	0,67	22,2	1,5	1,1	0,3	1219	3	1	3	3
25	Лестничная клетка 1	100	3,54	3,5	3,45	0,51	12,4	1,5	1,1	0,3	3407	8	1	2	2
26	Лестничная клетка 2	100	6	5,5	3,45	0,83	33	1,5	1,1	0,3	2268	8	1	2	2
27	Бытовая помещения	200	5,7	1,59	3,45	0,36	9,1	1,5	1,1	0,3	830	12	1	3	3
28	Судейская Комната	400	5,7	3,77	3,45	0,65	21,5	1,5	1,1	0,3	1970	24	2	3	6
29	Судейская коллегия	400	4,12	2,5	3,45	0,45	10,3	1,5	1,1	0,3	944	24	2	3	6

Продолжение таблицы 3,3

Номер по плану	Наименование помещения	Ен,лк	A	B	h	i	F, м2	Кзап	Z	Ц,о.е.	Ф, Лм	N	Число светильников в ряду	Число рядов	Nфакт, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30	Инвентарная	400	4,12	2,66	3,45	0,46	11,0	1,5	1,1	0,3	1004	24	2	3	6
31	Коридор	75	4,31	3,9	3,45	0,59	16,5	1,5	1,1	0,3	1733	4	1	2	2
32	Санузел	50	2,07	1,78	3,45	0,27	3,7	1,5	1,1	0,3	1013	1	1	1	1
33	Помещение секретариата	400	5,7	3,24	3,45	0,59	18,5	1,5	1,1	0,3	1269	32	2	4	8
34	Коридор	75	22,4	1,5	3,45	0,40	33,6	1,5	1,1	0,3	2310	6	1	3	3
35	Лестничная клетка	400	4,13	2,99	3,45	0,50	12,4	1,5	1,1	0,3	3395	8	1	2	2

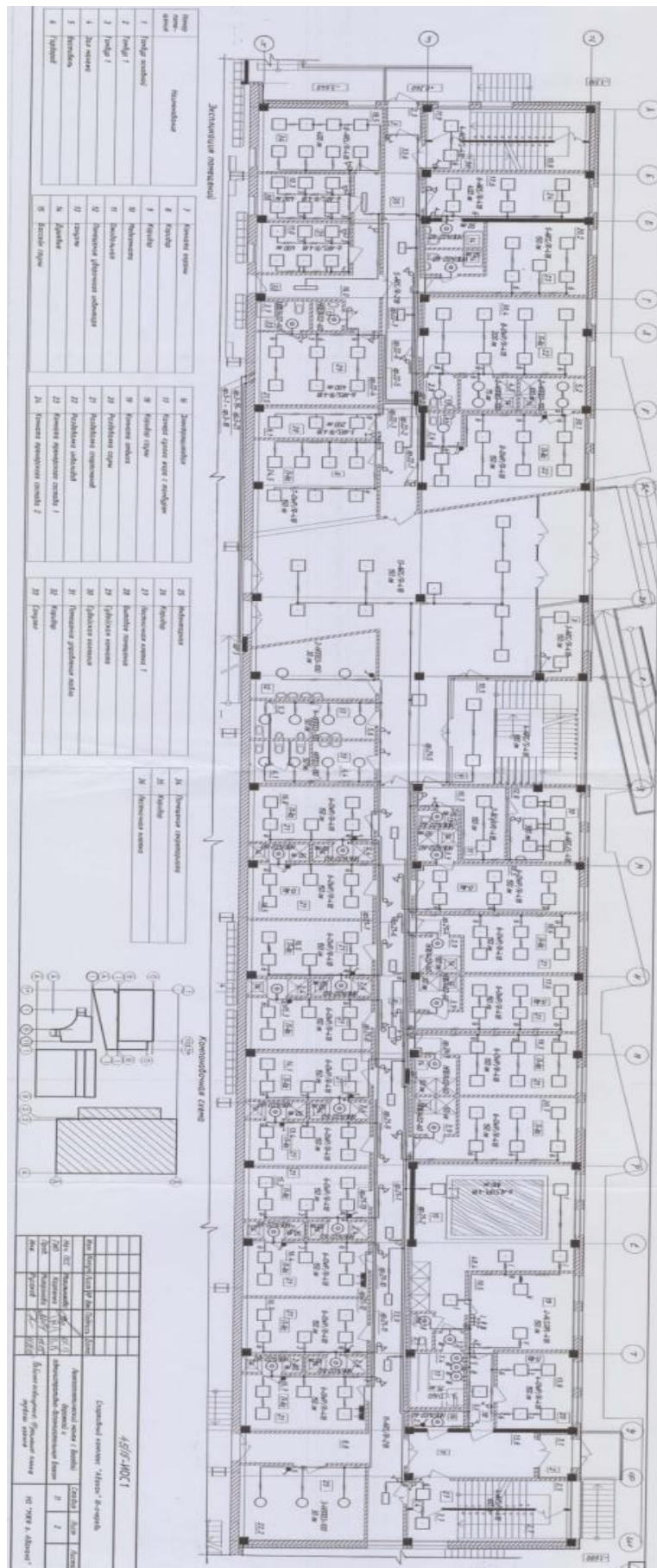


Рисунок 3.10 – Размещение выбранных светильников на планах помещений спорткомплекса (1-й этаж)

3.1.2 Расчет нагрузок на освещение

Мощности освещения (таблица 3.4):

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (3.3)$$

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.5)$$

где K_c , $K_{\text{пра}}$ – коэффициенты спроса и ПРА [3], а коэффициент активной мощности светодиодных светильников принимается равным 0,95.

Таблица 3.4 – Расчет мощности выбранных светильников на планах помещений спорткомплекса

Номер по плану	Наименование помещения	N	P _{ном} , кВт	K _c	K _{пра}	P _{осв} , кВт	cosφ	tgφ	Q _{осв} , кВт	S _{осв} , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Тамбур основной	4	0,1	0,8	1	0,32	0,92	0,43	0,13	0,32
2	Тамбур 1	1	0,1	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
3	Тамбур 2	1	0,1	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
4	Вестибюль	10	0,018	0,8	1	0,14	0,92	0,43	0,06	0,14
5	Гардероб	7	0,018	0,8	1	0,1	0,92	0,43	0,04	0,1
6	Комната охраны	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
7	Коридор	8	0,018	0,8	1	0,11	0,92	0,43	0,04	0,11
8	Коридор	1	0,018	0,8	1	0,01	0,92	0,43	0	0,01
9	Медицинская комната	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
10	Ожидальня	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
11	Помещение уборочного инвентаря	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
12	Санузлы	8	0,1	0,6	1	0,48	0,92	0,43	0,20	0,48
13(1)	Душевые	10	0,1	0,6	1	0,6	0,92	0,43	0,25	0,6
13(2)	Душевые	4	0,1	0,6	1	0,24	0,92	0,43	0,10	0,24
13(3)	Душевые	1	0,1	0,6	1	0,06	0,92	0,43	0,02	0,06
14	Бассейн сауны	5	0,018	0,8	1	0,07	0,92	0,43	0,03	0,07
15	Электрощитовая	1	0,1	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08

Продолжение таблицы 3.4

Номер по плану	Наименование помещения	N	Pном, кВт	Kс	Kпра	Pосв, кВт	cosφ	tgφ	Qосв, кВт	Sосв, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	Камера сухого жара с тамбуром	4	0,16	0,8	1	0,51	0,92	0,43	0,21	0,51
17	Коридор сауны	1	0,018	0,8	1	0,01	0,92	0,33	0	0,01
18	Комната отдыха	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
19	Раздевальная сауны	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
20(1)	Раздевальная спортсменов	50	0,018	0,8	1	0,72	0,92	0,43	0,30	0,72
20(2)	Раздевальная спортсменов	30	0,018	0,8	1	0,43	0,92	0,43	0,18	0,43
21	Раздеральные инвалидов	16	0,018	0,8	1	0,23	0,92	0,43	0,09	0,23
22	Комната тренерского состава 1	5	0,018	0,8	1	0,07	0,92	0,43	0,03	0,07
23	Комната тренерского состава 2	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
24	Инвентарная	3	0,1	0,8	1	0,24	0,92	0,43	0,10	0,24
25	Лестничная клетка 1	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
26	Лестничная клетка 2	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
27	Бытовая помещения	3	0,018	0,8	1	0,04	0,92	0,43	0,01	0,04
28	Судейская Комната	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
29	Судейская коллегия	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
30	Инвентарная	6	0,018	0,8	1	0,08	0,92	0,43	0,03	0,08
31	Коридор	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02
32	Санузел	1	0,018	0,6	1	0,01	0,92	0,43	0	0,01
33	Помещение секретариата	8	0,018	0,8	1	0,11	0,92	0,43	0,04	0,11
34	Коридор	3	0,018	0,8	1	0,04	0,92	0,43	0,01	0,04
35	Лестничная клетка	2	0,018	0,8	1	0,02	0,92	0,43	0	0,02

Мощность получилась маленькая на этаже, и достаточно будет на каждом этаже одного щита с несколькими присоединениями.

Из этих значений следует, что при таких мощностях и токах вполне будет достаточно для питания щитков освещения и их групп кабеля следующей марки и сечения, с соответствующими параметрами: принимаем кабель ВВГнг(А)LSL Тх 3х1,5, $s = 1,5 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 18 \text{ А}$ для питания каждой группы освещения щитка ЩР-1 и ЩР-2, питающих распределительные линии здания.

Таблица 3.5 – Перечень групп освещения ЩР-1

Номер группы освещения	Номер помещения	Автомат защиты	Ток защиты, А	Марка провода	Количество жил и сечение	
					6	7
1	2	3	4	5	6	7
21-1	7,	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-2	13,14,15,16,17,18,19	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	2,5
21-3	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	2,5
21-4	20,13,6,8,9,10	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	2,5
21-5	4	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-6	11,12,	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-7	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-8	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-9	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-10	20	АВДТ 64 С16 30мА	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-11	20	АВДТ 64 С16 30мА	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-12	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-13	20,13	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTх	3х	1,5
21-14	Резерв	ВА47-29-1В10	10			

Таблица 3.6 – Перечень групп освещения ЩР-2

Номер группы освещения	Номер помещения	Автомат защиты	Ток защиты, А	Марка провода	Количество жил и сечение	
					6	7
22-1	34,31	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
22-2	21	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
22-3	5,27	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
22-4	28,32,12	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
22-5	29,30,33	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	2,5
22-6	23,35	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
22-7	22,21	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-LSLTx	3x	1,5
Резерв		ВА47-29-1В10				

Таблица 3.7 – Перечень групп аварийного освещения ЩА-1

Номер группы освещения	Номер помещения	Автомат защиты	Ток защиты, А	Марка провода	Количество жил и сечение	
					6	7
1-1	4	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-2	31,34	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-3	4	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-4	1,7,35	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	2,5
1-5	8	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-6	9	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-7	16	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
Резерв		ВА47-29-1В10				

Таблица 3.8 – Перечень групп аварийного освещения ЩА-2

Номер группы освещения	Номер помещения	Автомат защиты	Ток защиты, А	Марка провода	Количество жил и сечение	
					6	7
1-1	4	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5
1-2	31,34	ВА47-29-1В10	10	ВВГнг(А)-TRLSLTx	3x	1,5

1-3	4	BA47-29-1B10	10	BBГ _{нГ} (A)-TRLSLT _x	3x	1,5
1-4	1,7,35	BA47-29-1B10	10	BBГ _{нГ} (A)-TRLSLT _x	3x	1,5
1-5	8	BA47-29-1B10	10	BBГ _{нГ} (A)-TRLSLT _x	3x	1,5
1-6	9	BA47-29-1B10	10	BBГ _{нГ} (A)-TRLSLT _x	3x	2,5
1-7	16	BA47-29-1B10	10	BBГ _{нГ} (A)-TRLSLT _x	3x	1,5
Резерв		BA47-29-1B10				

3.1.3 Расчет силовых нагрузок и розеточных групп

Силовые нагрузки дома культуры и розеточные группы для подключения электрических приборов на практике питаются в виде шлейфовой системы питания, т.е. индивидуальное питание каждой розетки или электроприемника малой мощности не предусматривается. В этой связи рассчитаем нагрузки каждой из выбранных и питающих соответствующую группу электроприемников линий. Для этого произведем расчет на примере одного ответвления и затем остальные результаты представим в табличном виде. Главным результатом расчета будут значения токов, на основании которых можно будет выбрать силовые распределительные щиты и коммутационную аппаратуру.

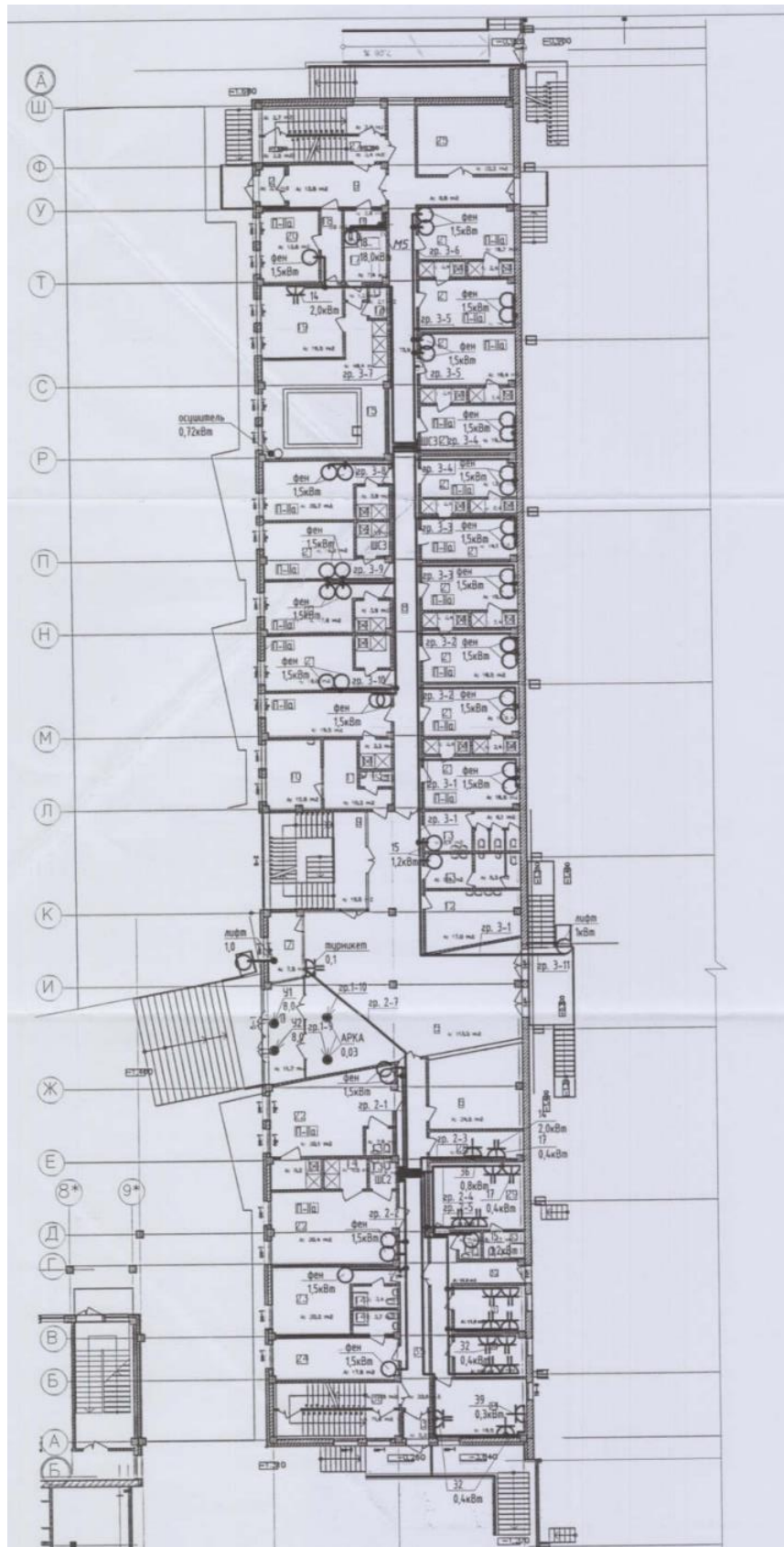


Рисунок 3.5 – Размещение силовых электроприемников на планах помещений спорткомплекса (1-й этаж)

Согласно схемам электроснабжения, представленным на планах силовых распределительных сетей на 1-м и 2-м этажах (рисунки 3.5-3.6) выделим следующие групповые линии (нумерация электроприемников, находящихся на этажах, берется из таблиц 2.4-2.5 и из п.2.2):

1-ый этаж, ЩР-1:

- 1) Гр.1-1 (помещение 1): электроприемник №9 (турникет);
- 2) Гр.2-1 (помещение 21): электроприёмники №,1(фен);
- 3) Гр.2-2 (помещение 21,22,23): электроприемник №1 (фен);
- 4) Гр.2-3 (помещение 27): электроприемник №2,4 (чайник);
- 5) Гр.2-4 (помещение 28,): электроприемник №7 (компьютер);
- 6) Гр.2-5 (помещение 28,29,30,33): электроприемник №7 (компьютер);
- 7) Гр.3-1 (помещение 13,20): электроприемник №1 (фен);
- 8) Гр.3-2 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 9) Гр.3-3 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 10) Гр.3-4 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 11) Гр.3-5 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 12) Гр.3-6 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 13) Гр.3-7 (помещение 14,15,16,17,18,19): электроприемник №1 (фен);
- 14) Гр.3-8 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 14) Гр.3-9 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);
- 15) Гр.3-10 (помещение 20): электроприемник №1 (фен);

Расчеты для силовых групповых линий первого уровня представлены в таблице 3.8

Таблица 3.9 – Расчеты для силовых групповых линий

Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_{p1} , кВт	Q_{p1} , кВар	S_p , кВА	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8
Гр.2-1 электроприёмники №1	2,7	0,85	0,62	2,7	1,67	3,17	14,44
Гр.2-2 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.2-3 электроприемник №2,3,4	3,2	0,85	0,62	3,2	1,98	3,76	17,11
Гр.2-4 электроприемник №3,5	1,6	0,85	0,62	1,6	0,99	1,88	8,56
Гр.2-5 электроприемник №6	1,3	0,65	1,17	1,3	1,52	2,00	9,09
Гр.2-6 электроприемник №7,8	1,1	0,65	1,17	1,1	1,28	1,68	7,69
Гр.2-7 электроприемник №9	0,1	0,65	1,17	0,1	0,11	0,14	0,70
Гр.2-8 электроприемник №10	0,9	0,65	1,17	0,9	1,05	1,38	6,29
Гр.3-1 электроприемник №1,5	3,8	0,85	0,62	3,8	2,35	4,46	20,32
Гр.3-2 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-3 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-4 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-5 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-6 электроприемник №1	2,1	0,85	0,62	2,1	1,30	2,46	11,23
Гр.3-7 электроприемник №1,2	3,5	0,85	0,62	3,5	2,17	4,11	18,72
Гр.3-8 электроприемник №1	2,1	0,85	0,62	2,1	1,30	2,46	11,23
Гр.3-9 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-10 электроприемник №1	4,2	0,85	0,62	4,2	2,60	4,93	22,46
Гр.3-11 электроприемник №11	1	0,65	1,17	1	1,17	1,17	6,99
Гр.3-12 электроприемник №10	0,6	0,65	1,17	0,6	0,70	0,92	4,20
Гр.3-13 электроприемник №10	0,76	0,65	1,17	0,76	0,88	1,16	5,31
Гр.3-14 электроприемник №10	0,6	0,65	1,17	0,6	0,70	0,92	4,20

Произведем расчет мощности второго уровня для выбора линий (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Расчет мощности уровень шин щитов

Наименование щитка по плану	Номер группы щитка по плану	P , кВт	K_c	$P_{расч}$, Вт	$S_{расч}$, кВА	I_p , А
1	3	4	5	6	7	8
ВРУ2						
ЩР-1	группа освещения	9,13	-	6,73	0,63	45,14
	группа розетки	0,24	-	0,192	1	1,14
ЩР-2	группа освещения	4,68	-	3,75	0,56	23,16
ЩР-3	группа освещения	37,8	-	30,24	1,5	186,72
ЩС-2	группа освещения	15,1	-	12,08	2,01	68,34
ЩС-3	группа освещения	39,66	-	31,72	2,85	216,96
ЩС-5	группа вентиляция	6,976	-	5,14		31,70

Продолжение таблицы 3.10

Наименование щитка по плану	Номер группы щитка по плану	P, кВт	Kс	PPACЧ, Вт	Срасч, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7
ВРУ1						
ЩА-1	группа освещения	2,62	-	1,163	0,158	12,95
ЩА-2	группа освещения	2,78	-	2,225	0,34	13,74

Таким образом, получили значения токов, на основании которых можно будет выбрать силовые распределительные щиты и коммутационную аппаратуру.

3.2 Выбор и компоновка электрической сети

Все групповые сети выполняются кабелями с медными жилами с изоляцией из негорючего безгалогенового состава с низким дымовыделением.

Электропроводки запроектированы с учётом ГОСТ Р 50571.5.52—2011 медным кабелем ВВГнг-LS.

Электропроводки линий питания сети аварийного освещения и противопожарных устройств выполнены кабелем ВВГнг(А)-LSLTx.

В соответствии с п.2.1.31 ПУЭ [11] электропроводки должны быть расцветены.

Прокладка кабелей через стены и перекрытия выполняется в отрезках стальных труб, с последующей заделкой зазоров между кабелями и трубой, трубой и стеной, негорючим легко удаляемым составом.

Электропроводку необходимо проложить по стенам под штукатуркой на высоте не менее 2 м от уровня пола.

Питание групповых сетей силового электрооборудования выполняется

от ВРУ через распределительные щиты ЩС-2, ЩС-3.

В групповых сетях питающих переносное электрооборудование установлены дифференциальные автоматические выключатели реагирующие на ток утечки не более 30 мА. Для защиты остальных групповых кабельных линий от токов короткого замыкания в распределительных щитах* устанавливаются автоматические выключатели серии с характеристиками "В" и "С".

Проектом предусматривается отключение вентиляции при пожаре.

Расстановка оборудования и места его присоединения к групповым электрическим сетям выполнена согласно исходных данных.

Высота установки розеток указана на планах расположения силового электрооборудования в графической части.

Все розетки имеют защитное устройство, автоматически закрывающее гнезда штепсельной розетки при вынутой вилке.

Проектом предусмотрено рабочее и аварийное освещение.

Питание цепей рабочего освещения осуществляется комбинированно, также от силовых щитов ЩС-2 и ЩС-3. Питание цепей аварийного освещения выполнено через шкаф аварийного освещения ЩА-1 и ЩА-2. Щиты устанавливаются на высоте от 1,2 м (низ щита) до 1,8 м (верх щита).

Управление освещением выполняется через стационарные выключатели установленные в самих помещениях. Выключатели осветительных цепей вынесены из влажных зон (санитарные узлы, моечные и т.д.). Выключатели устанавливаются на высоте 1,0 м, от уровня чистого пола.

Проектом предусмотрено раздельное (по рядам) включение светильников и применение светодиодных светильников. Принятое проектом аварийное и рабочее освещение соответствует требованиям СП 52.13330.2016.

Типы светильников и нормируемая освещенность приняты в зависимости от назначения и характеристики помещений (указаны на планах). Установка выключателей для управления освещением осуществляется со стороны открывания дверей, места установки уточняются по месту.

Монтаж оборудования и прокладка кабелей выполняется в соответ-

ствии с требованиями СП 76.13330.2016 и документацией фирм-изготовителей оборудования.

Кабели групповых сетей освещения прокладываются:

- вертикальные участки: скрыто под слоем штукатурки;
- горизонтальные участки: - скрыто в гофрированных трубах за подвесным потолком.

Для обеспечения II категории надежности электроснабжения, предусматривается строительство комплектной блочно-контейнерной автоматизированной электростанции (БКАЭС). Для потребителей категории предусмотрен источник бесперебойного питания Дизельный генератор АД-500С-Т400-2PM17-AR с АВР 690 кВА.

Опишем конструктивное исполнение БКАЭС. В составе БКАЭС предусмотрены следующие конструктивные элементы:

- несущий металлический корпус;
- фундаменты, опорные конструкции, крепежные и установочные элементы для крепления оборудования, сборочных единиц и узлов электростанции;
- монтажный проем в заднем торце контейнера, совмещенный с входной дверью с защитным козырьком. Входная дверь не отжимной конструкции с ручками и накладным ригельным замком, открываемым изнутри без помощи ключа;
- вентиляционные люки с установленными в них жалюзийными решетками и воздушными управляемыми клапанами с электроприводом, а также крышками над ними с наружной стороны контейнера. Крышки люков из стального листа оборудованы фиксаторами для открытого положения;
- технологический проём в стенке контейнера для кабельного ввода;
- эластичные уплотнения двери и крышек люков для уменьшения тепловых потерь и повышения пыле и влагонепроницаемости;
- петли для пломбирования на дверях и люках;
- внутренняя обшивка стен, потолка выполнена профилированным ме-

таллическим листом белого цвета.

пол, стены и потолок контейнера имеют слой теплоизоляции, из трудногорючего материала.

Для питания потребителей собственных нужд БКАЭС предусмотрены электросети однофазного переменного тока напряжением 220 В и постоянного тока напряжением 24 В.

В сетях питающих основную систему освещения и розетки для переносных электроприемников 220 В установлены устройства защитного отключения с дифференциальным током не более 30 мА.

Подключение потребителей к БКАЭС осуществляется через щит ЩСПН. Выбор кабелей из контейнера осуществляется через проем с сальниковыми уплотнениями.

Питание потребителей собственных нужд осуществить от ЩСН:

- панели управления ДЭС (~ 220 В);
- сети основного освещения (~ 220 В);
- сети аварийного освещения (= 24 В);
- розетка для переносного освещения (= 24 В) - 1 шт.;
- розетки для переносных электроприемников (~ 220 В) - 1 шт.;
- электроприводов воздушных клапанов УВК (= 24 В);
- настенного электрического конвектора мощностью 1,5 кВт (~ 220 В) - 2 шт.;
- приборов управления автоматической системы пожаротушения и системы охранной сигнализации (~ 220 В).

Дизельная электростанция автоматизирована по второй степени автоматизации согласно ГОСТ 14228-80. На двигателях, отвечающих 2-й степени автоматизации, по мимо операций, указанных в п. 3 [17], должно обеспечиваться выполнение следующих операций:

- Дистанционное автоматизированное и (или) автоматическое управление пуском, остановом, предпусковыми остановочными операциями;

- Дистанционное автоматизированное и (или) автоматическое управление частотой вращения (нагрузением) и реверсированием при его наличии;
- автоматический прием нагрузки при автономной работе или выдача сигнала о готовности к приему нагрузки (для дизель-генераторов);
- автоматизация совместной работы двигателей, в том числе автоматический прием нагрузки в ходе синхронизации при параллельной работе дизель-генераторов между собой или с внешней сетью;
- автоматическое поддержание двигателя в готовности к быстрому приему нагрузки;
- автоматическое регулирование вязкости тяжелого топлива и автоматизированное управление переходом с одного вида топлива на другой;
- автоматизированный экстренный пуск и (или) останов;
- исполнительная сигнализация.

Электроосвещение установки БКАЭС предусматривается от двух независимых источников:

основного – от сети однофазного переменного тока напряжением ~ 220 В и аварийного – от сети постоянного тока напряжением 24 В, получающей питание от аккумуляторных батарей.

Таким образом, при принятых выше решениях компоновка электрической сети будет экономичной, рациональной и безопасной.

3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов

Щиты ЩС-2 и ЩС-3 располагаются в коридорах соответственно на этажах 1 и 2 здания дома культуры. Щиты ЩУВ-1,2 и ЩУП-1,2 располагаются в подвальном помещении вместе с главным щитом ВРУ.

Распределительные силовые пункты (щиты) выбираем, исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта (таблица 3.10) [15], в соответствии с ГОСТ 32397- 2013 для выбора групповых щитов и ГОСТ 32396-2013 для выбора ВРУ.

Таблица 3.11 – Распределительные силовые пункты (щиты)

Наименование	Расчетный ток, А	Тип щита	Допустимый ток, А	Количество присоединений щита
1	2	3	4	5
ВРУ2				
ЩР-1	46,28	ЩР 11-73702-30УЗ	53	2 ряда по 6
ЩР-2	23,16	ЩР 11-73701-54У2	26,5	2 ряда по 6
ЩР-3	186,72	ЩР 11-73504-54У2	215	2 ряда по 6
ЩС-2	68,34	ЩРВ-18-0 36 УХЛЗ	85	36
ЩС-3	216,96	ЩРВ-18-0 36 УХЛЗ	225	36
ЩС-5	31,70	ЩР 11-73702-30УЗ	36,3	2 ряда по 6
ВРУ1				
ЩА-1	12,95	ЩРВ-18-0 36 УХЛЗ	15	36
ЩА-2	13,74	ЩРВ-18-0 36 УХЛЗ	16	36

3.4 Выбор защитной аппаратуры

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [12].

а) по номинальному напряжению

$$U_a \leq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.6)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (установка теплового расцепителя):

$$I_{\text{расц}} \leq 1,25 \leq I_p, \quad (3.7)$$

$$I_{\text{ном.а}} \leq 1,25 \leq I_p, \quad (3.8)$$

где $I_{\text{расц}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \leq 1,2 \leq I_{\text{пуск}}, \quad (3.9)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} \leq K_o \leq I_{\text{расц}}, \quad (3.10)$$

где кратность отсечки K_o .

Расчеты по автоматическим воздушным выключателям для защиты щитов сводим в таблицу 3.12, а для защиты отдельных групповых линий – в таблицу 3.13. В последнем случае производится выбор дифференциальных автоматов защиты отходящих линий, сочетающих в себе функции УЗО и модульных автоматических выключателей.

Таблица 3.12 – Расчеты по автоматическим воздушным выключателям для защиты щитов

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток эл. маг. расцепителя Iрасц, А	Номинальный ток автомата Iном.а, А	Расчетный ток отсечки, 1,2·Iпик, А	Ко	Iном.то, А	Тип автомата	Отключающая способность, Iоткл, кА
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
ЩР-1	46,28	63	63	63	75,6	5	63	ВА47-29-3В20	10
ЩР-2	23,16	32	32	32	38,4	5	32	ВА47-29-3В16	10
ЩР-3	186,72	215	215	215	258	5	215	ВА47-100-3В80	30
ЩС-2	86,34	100	100	100	120	5	100	ВА47-29-3В25	10
ЩС-3	216,96	225	225	225	270	5	225	ВА47-29-3В63	30
ЩС-5	31,70	40	40	40	48		40	ВА47-29-3В20	10
ЩА-1	12,95	16	16	16	19,2	5	16	ВА47-29-3В16	10
ЩА-2	13,74	16	16	16	19,2	5	16	ВА47-29-3В16	10

3.5 Выбор электрических проводников для питания распределительных пунктов и электроприемников

В соответствии с условиями окружающей среды для питания отдельных электроприемников применяем кабели марки ВВГнг-LS [14].

Сечение кабеля выбирается по нагреву длительным расчетным током:

$$I_{\text{расчп}} = \frac{I_p}{k_n}, \quad (3.11)$$

где I_p – расчетный ток проводника, А;

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

Затем по справочной литературе находится сечение проводника, удовлетворяющее условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расчп}}, \quad (3.12)$$

Выбор сечений кабельных линий, питающих силовые пункты, сведем в таблицу 3.10.

Кроме того, согласно указаниям [22], проводники для линий к электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты

$$I_{\text{пр}} \leq I_p, \quad (3.13)$$

$$I_{\text{пр}} \leq K_{\text{зщ}} \leq I_{\text{авт}}, \quad (3.14)$$

где $K_{\text{зщ}} = 1$ – поправочный коэффициент защиты (для невзрыво- и непожароопасных помещений); $I_{\text{ном.а}}$ – параметр защитного автомата, А.

Таблица 3.14 – Выбор сечений кабельных линий, питающих щитки и групповые линии ВРУ

Наименование	Ip, А	Iавт.ном, А	Марка кабеля	Iдоп,А	гуд.кл, Ом/км	худ.кл, Ом/км	L, м
1	2	3	4	5	6	7	8
ВРУ-2	705,72	800	АСБл 3х240	314	0,129	0,075	4551
			АС -185	520	0,415	0,157	84
ЩР-1	46,28	63	ВВГнг-(А)LSLTx3x1,5	53	12,3	0,126	668
			ВВГнг-(А)LSLTx3x2,5		7,4	0,116	372
ЩР-2	23,16	32	ВВГнг-(А)LSLTx3x1,5	26,5	12,3	0,126	329
			ВВГнг-(А)LSLTx3x2,5		7,4	0,116	110
ЩР-3	186,72	215	ВВГнг-(А)LSLTx3x6	215	3,09	0,1	3414
ЩС-2	86,34	100	ВВГнг-LS 3x1,5	85	12,3	0,126	202
			ВВГнг-LS 3x2,5		7,4	0,116	43
ЩС-3	216,96	225	ВВГнг-LS 3x1,5	225	12,3	0,126	305
			ВВГнг-LS 3x2,5		7,4	0,116	361
ЩС-5	31,70	40	ВВГнг-(А)LSLTx3x1,5	36,3	12,3	0,126	571
ВРУ1	225	250	АСБл 3х240	314	0,129	0,075	4551
			АС -185	520	0,415	0,157	84
ЩА-1	12,95	16	ВВГнг-LS 3x1,5	15	12,3	0,126	1502
			ВВГнг-LS 3x2,5		7,4	0,116	143
ЩА-2	13,74	16	ВВГнг-LS 3x1,5	16	12,3	0,126	475
			ВВГнг-LS 3x2,5		7,4	0,116	30

Внутренние электрические сети выполняется 3-х, 6-ти проводными с применением кабелей с медными жилами типа ВВГнг-(А)LSLTx.

Кабельные сети необходимо проложить:

- за подвесным потолком - по перфорированным лоткам из оцинкованной стали;
- в кабель-каналах;
- по строительным конструкциям - в ПВХ трубах;
- в помещениях - скрыто в подготовке стен в ПВХ трубах (сертифицированных по пожарной безопасности).
- кабельные лотки распределительных сетей устраиваются под крышей.

3.6 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов КЗ ниже 1000 В вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов КЗ в сетях ниже 1000 В является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от места возникновения КЗ (рисунок 3.7).

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К0:

Для кабеля АСБл 3х240 длиной $L_{кл} = 4551$ м:

$$R_{л0} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.15)$$

$$R_{л0} = 0,129 \cdot 4551 = 587 \text{ мОм.}$$

$$X_{л0} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.16)$$

$$X_{л0} = 0,075 \cdot 4551 = 341,3 \text{ мОм.}$$

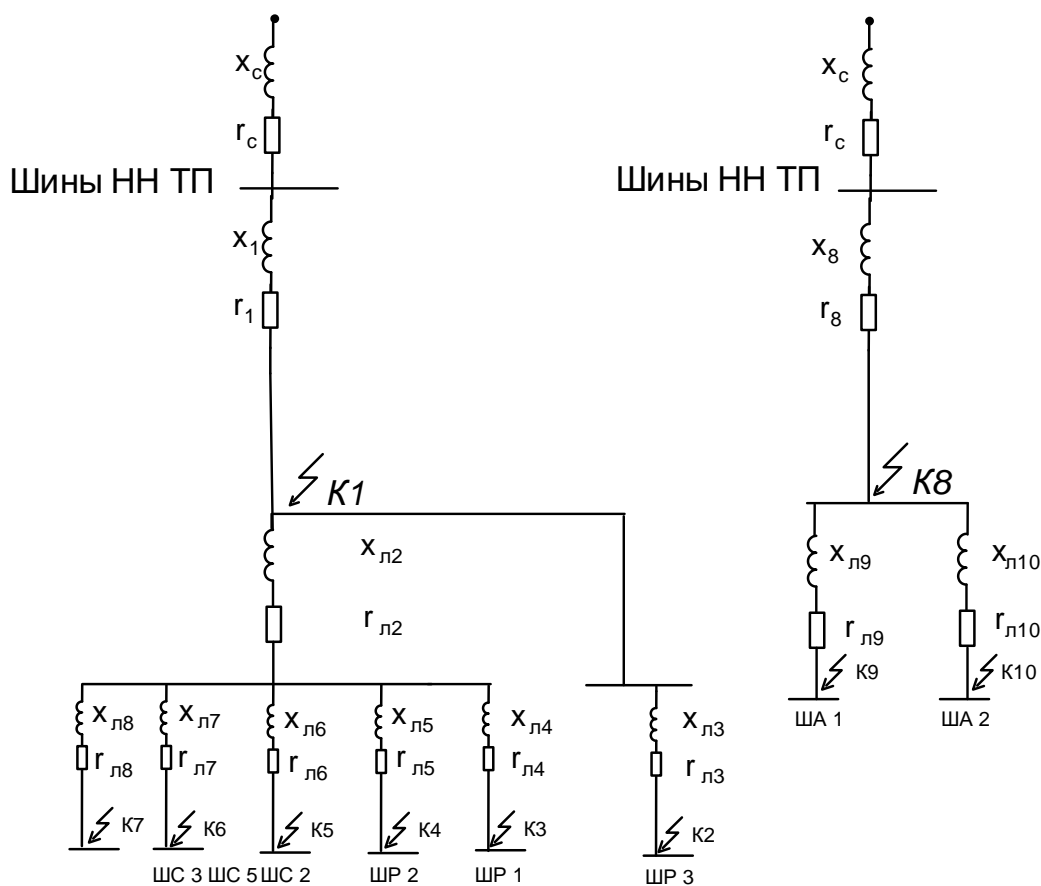


Рисунок 3.7 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

В качестве сопротивления системы будут являться сопротивления трансформатора типа ТМ 1000 (источник питания, РТП 27) [12].

Таким образом, определяем сопротивления трансформатора по формулам [12]:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.17)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.18)$$

$$r_{тр} = \frac{5,5}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 0,88 \text{ мОм};$$

$$x_{тр} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{5,5}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 21,88 \text{ мОм}.$$

$$R_c = r_{тр} = 0,88 \text{ мОм};$$

$$X_c = x_{тр} = 21,88 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{л} \quad , \quad (3.19)$$

$$X_{\Sigma} = 21,88 + 341,3 = 363,18 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma} = R_c + R_{л} \quad , \quad (3.20)$$

$$R_{\Sigma} = 0,88 + 587 = 587,88 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_K = \frac{I_{ном}}{\sqrt{\Sigma R + \Sigma X}}, \quad (3.21)$$

$$I_K = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{341,4 + 10549,2}} = 0,032 \text{ кА.}$$

В расчете учитываем также добавочное сопротивление [12].

Аналогичные расчеты производим для других точек КЗ, результаты расчетов сведем в таблицу 3.12.

Таблица 3.16 – Трехфазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _c , мОм	X _c , мОм	R _{уд.кл.} , мОм/м	X _{уд.кл.} , мОм/м	L _{кл.} , м	R _{л1} , мОм	X _{л1} , мОм	R _{доб.} , мОм	R _{сумм.} , мОм	X _{сум.} , мОм	I _{к.з.} , кА
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К 1	0,88	21,88	0,129	0,075	4551	587,88	363,18		587,88	363,18	2,82
К 2	0,88	21,88	12,3	0,126	439	10549,2	341,4	20	10550	363,2	0,021
К 3	0,88	21,88	12,3	0,126	1040	12792	131	20	12792	131	1,73
К 4	0,88	21,88	12,3	0,126	3414	41992	430,1	20	4200	451,88	0,054
К 5	0,88	21,88	12,3	0,126	245	3013,5	30,87	20	3013,88	52,75	0,076
К 6	0,88	21,88	12,3	0,126	666	8191,8	83,9	20	8192,88	105,79	0,028
К 7	0,88	21,88	12,3	0,126	571	7023,3	71,9	20	7024,18	93,78	0,032
К 8	0,88	21,88	0,129	0,075	4551	587,88	363,18		587,88	363,18	2,82
К 9	0,88	21,88	12,3	0,126	1645	20233,5	207,27	20	20234,8	229,15	0,11
К 10	0,88	21,88	12,3	0,126	505	6211,5	63,63	20	6212,8	85,51	0,37

Начальное действующее значение периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_{п0}^{(ф)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{фн}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА,} \quad (3.22)$$

где $R_{1\Box}$, $X_{1\Box}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, $R_{0\Box}$, $X_{0\Box}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности.

Сопротивление дуги в точке КЗ r_d принимается равным 30 мОм.

При отсутствии точных справочных данных об удельных величинах активных и индуктивных сопротивлений нулевой последовательности, возможно использование следующих формул для нахождения сопротивлений нулевой последовательности питающих линий как сумму сопротивлений фазного проводника и утроенного значения сопротивления нулевого провода:

$$R_{0Л} = R_{\text{фазн}} + 3R_{\text{нул}} \quad (3.23)$$

$$X_{0Л} = X_{\text{фазн}} + 3X_{\text{нул}} \quad (3.24)$$

Сопротивления нулевой последовательности трансформатора мощностью 1000 кВА [22]:

$$R_{0Т} = 191 \text{ мОм};$$

$$X_{0Т} = 728 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma C} = X_T + 3X_L,$$

$$X_{\Sigma C} = 728 + 3 * 341,3 = 1751,9 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma C} = R_T + 3R_L,$$

$$R_{\Sigma C} = 191 + 3 * 587 = 1952 \text{ мОм}.$$

По аналогии с таблицей 3.16 составим таблице 3.17 для расчета токов однофазного КЗ.

Таблица 3.17 – Однофазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _c МОм,	X _c , МОм	Rуд.кл, МОм/м	Xуд.кл, МОм/м	Lкл, м	Rл ₁ , МОм	Xл ₁ , МОм	Rдоб, МОм	R _{сумм} , МОм	X _{сум} , МОм	Iк.з,кА
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К 1	191	728	0,129	0,075	4551	587	341,3		1952	1751,9	0,124
К 2	191	728	12,3	0,126	439	5399,7	55,3	30	16390,1	893,9	0,409
К 3	191	728	12,3	0,126	1040	12792	131	30	38567	1121	0,017
К 4	191	728	12,3	0,126	3414	41992	430,1	30	126167	2018,3	0,005
К 5	191	728	12,3	0,126	245	3013,5	30,87	30	9231,5	820,6	0,070
К 6	191	728	12,3	0,126	666	8191,8	83,9	30	24766,4	979,7	0,027
К 7	191	728	12,3	0,126	571	7023,3	71,9	30	21260,9	943,7	0,031
К 8	191	728	0,129	0,075	4551	587	341,3		1952	1751,9	0,124
К 9	191	728	12,3	0,126	1645	20233,5	207,27	30	60891,5	1349,8	0,56
К 10	191	728	12,3	0,126	505	6211,5	63,63	30	18825,5	918,8	1,82

3.7 Проверка защитной аппаратуры

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ (таблица 3.14):

$$I_{к.з.} \leq I_{пр.откл} , \quad (3.25)$$

где $I_{пр.откл}$ – предельная отключающая способность.

Выбранные автоматические воздушные выключатели соответствуют условию проверки на отключающую способность.

Произведем проверку чувствительности автоматических выключателей на линиях к однофазным КЗ по условию чувствительности, что показано в таблице 3. 15 [22]:

$$\frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{рц.ном}} \geq 3. \quad (3.26)$$

Таблица 3.18 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

Щит	Точка к.з.	Ik.з. ,кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Ik.з. ≤ Iпр.откл
1	2	3	4	5	6
ВРУ-2	К 1	2,82	ЕА 1000	400	соответствует
ЩР-3	К 2	0,021	ВА47-100-3В80	30	соответствует
ЩР-1	К 3	1,73	ВА47-29-3В20	10	соответствует
ЩР-2	К 4	0,054	ВА47-29-3В16	10	соответствует
ЩС-2	К 5	0,076	ВА47-29-3В25	10	соответствует
ЩС-3	К 6	0,028	ВА47-29-3В63	30	соответствует
ЩС-5	К 7	0,032	ВА47-29-3В20	10	соответствует
ВРУ1	К 8	2,82	ЕА 1000	225	соответствует
ЩА-1	К 9	0,56	ВА47-29-3В16	10	соответствует
ЩА-2	К 10	1,82	ВА47-29-3В16	10	соответствует

Таблица 3.19 – Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Место установки автомата	Точка к.з.	Тип выключателя	$I_{ном.А}, А$	$I_{кз}^{(1)}, кА$	$I_{кз}^{(1)} / I_{рц.ном}$
1	2	3	4	5	6
ВРУ-2	К 1	ЕА 1000	800	2,82	3,52
ЩР-3	К 2	ВА47-100-3В80	215	0,021	0,09
ЩР-1	К 3	ВА47-29-3В20	63	1,73	27,4
ЩР-2	К 4	ВА47-29-3В16	32	0,054	1,68
ЩС-2	К 5	ВА47-29-3В25	100	0,076	0,76
ЩС-3	К 6	ВА47-29-3В63	225	0,028	0,012
ЩС-5	К 7	ВА47-29-3В20	40	0,032	0,8
ВРУ1	К 8	ЕА 1000	250	2,82	3,52
ЩА-1	К 9	ВА47-29-3В16	16	0,56	0,035
ЩА-2	К 10	ВА47-29-3В16	16	1,82	0,113

Все комбинированные автоматические воздушные выключатели проходят проверку на чувствительность, т.к. указанное в формуле (3.17) соотношение во всех случаях в таблице 3.19 больше трех.

3.8 Выбор молниевой защиты и заземления

Питание электроприемников выполняется от сети 380/220В по системе TN–C–S (с разделением PEN-проводника в ВРУ здания) по трех и пятипроводным линиям.

Для заземления используется заземляющее устройство здания. Сопротивление растеканию заземляющего устройства составляет не более 10 Ом. После монтажа необходимо выполнить проверку сопротивления, и при превышении нормативной величины увеличить количество электродов и длину горизонтального заземлителя.

Основная система уравнивания потенциалов (ОСУП) реализована на вводе в здание. ОСУП объединяет между собой следующие проводящие части:

- 1) нулевые защитные PEN–проводники питающих линий;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
- 3) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.;
- 4) металлические части каркаса здания, фундамент.

Проектом предусматривается дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП). ДСУП объединяет между собой все металлические токопроводящие части не находящиеся под напряжением в нормальном режиме. Для ДСУП применяется проводник ПУГВ 4 мм².

Все металлические нетоковедущие части электрооборудования: корпуса щитов, светильников, металлические конструкции на которых установлено электрооборудование, заземлены.

Соединение заземляющих проводников должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 10404-82 сваркой или относящимися ко второму классу болтовыми соединениями (ПУЭ, п.1.7.108 [11]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной ВКР является спроектированная система электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан». Спроектированы электрические сети здания с учетом актуальных методов расчета силовых и осветительных нагрузок общественных зданий.

Теоретическая часть содержит особенности электроснабжения общественных объектов, в том числе спорткомплексов, и дается общая характеристика зданий и потребителей электро-энергии, с их параметрами, в том числе электрическими, такими как коэффициент мощности, номинальное напряжение, установленная мощность электроприемников.

В расчетной части производился светотехнический расчет системы освещения, ее электротехнический расчет, а также разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов с учетом розеточных групп.

Практическая часть содержит предлагаемый проект электрической части здания легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан» Республики Хакасия, выбор коммутационных аппаратов, кабельно-проводниковой продукции, силовых и осветительных щитов.

С целью проверки отклонения напряжения на соответствие современным нормам производится проверка спроектированной сети электроснабжения здания дома культуры по допустимым потерям напряжения.

Расчет токов короткого замыкания и проверка оборудования на устойчивость к токам КЗ подтвердили правильность проделанных расчетов, связанных с проектированием системы электроснабжения спорткомплекса.

Значимость настоящей ВКР определяется возможностью применения полученных решений на практике, внедрении проекта электроснабжения легкоатлетического манежа спортивного комплекса «Абакан» на данном объекте и на объектах, близких по своей структуре и отраслевой принадлежности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений ; дата введ. 01.07.2014. – М. : ООО "ВНИСИ", 2014. – 57 с.
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавец, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
8. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011. – 212 с.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АО ОТК ЗВНИ ПКТИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 78 с.

10. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.
11. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
12. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.
13. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
14. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.
15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; дата введ. 08.05.2017. – М.: НИИСФ РААСН, 2016. – 116 с.
16. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.
17. ГОСТ 14228-80 Дизели и газовые двигатели автоматизированные. Классификация по объёму автоматизации, 2 с.
18. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М.: Колос, 2007. – 464 с.
19. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.
20. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.
21. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 2010. – 397 с.

22. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.

23. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 12-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 966 с.

24. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 11-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2014. – 704 с.

25. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 25 наименований.

«_____» _____

(дата)

(подпись)


Шокиров С. У.

(ФИО)

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 А.С. Горопов
подпись инициалы, фамилия
« 05 » « 07 » 2023 г.


БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления


Электроснабжение легкоатлетического манежа спортивного комплекса
«Абакан».
тема

Руководитель

 05.04.23 доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень


Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник

 04.07.2023
подпись, дата

С. У. Шокиров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 05.07.2023
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2023